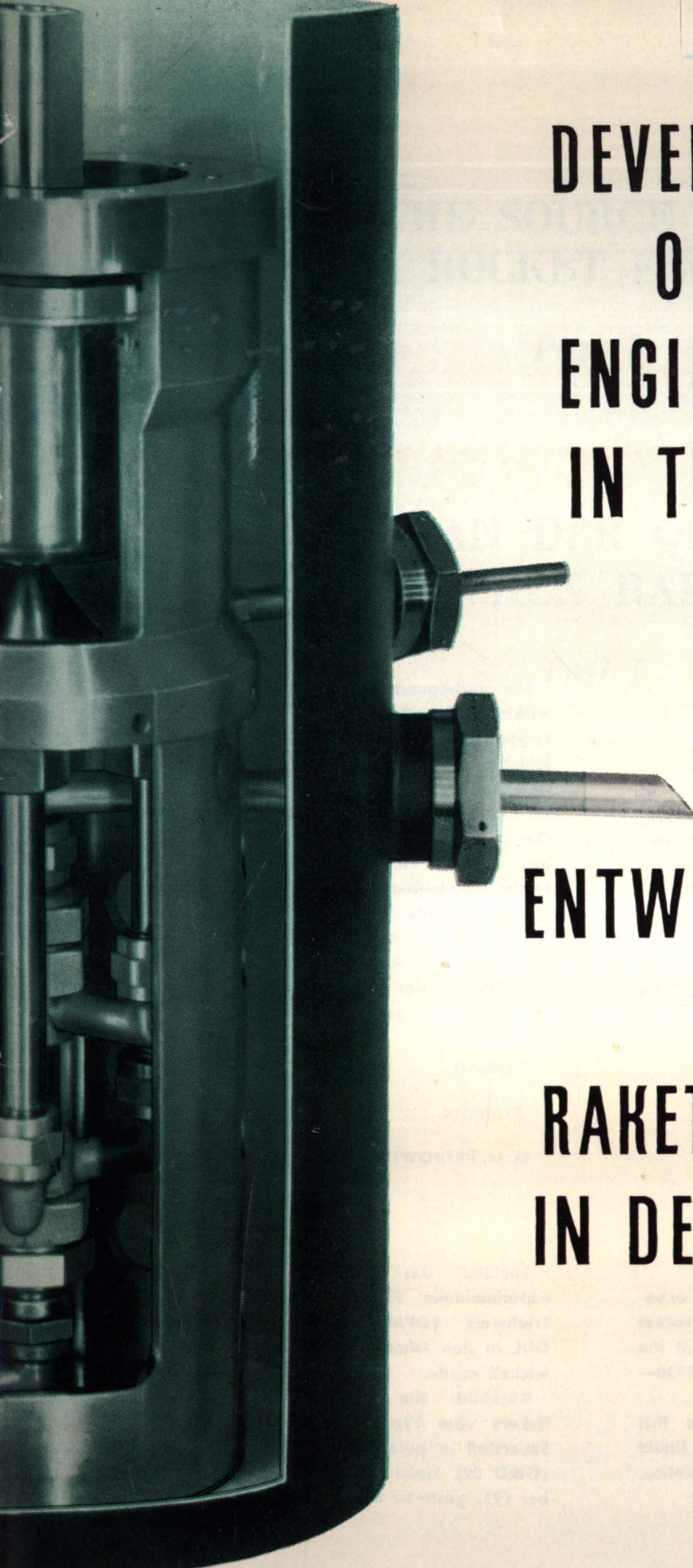




DEVELOPMENT OF ROCKET ENGINEERING IN THE USSR



ENTWICKLUNG DES RAKETENBAUS IN DER UdSSR

This booklet, *Development of Rocket Engineering in the USSR*, is a brief historical outline in two parts. Part I, *At the Source of Soviet Rocket Engineering*, deals with development prior to 1945. Part II, *Conquest of Outer Space by Rocket Systems*, is devoted to advances in rocketry and cosmonautics in the period following World War II to our times.

Author,

Professor

G. V. PETROVITCH

Front cover—the first Soviet experimental liquid-propellant rocket engine (OPM-1) developed at the Gas Dynamics Laboratory in 1930—1931.

Back cover—GIRD 09, the first Soviet rocket powered by liquid oxygen and solidified gasoline, launched September 17, 1933.

Die vorliegende Broschüre „Entwicklung des Raketenbaus in der Sowjetunion“ beleuchtet die Geschichte der sowjetischen Raketentechnik. Sie besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil, welcher „An der Quelle des sowjetischen Raketenbaus“ betitelt ist, wird die Geschichte des Raketenbaus vor 1945 dargestellt. Der zweite Teil „Raketensysteme stürmen den Kosmos“ behandelt den Stand der Raketentechnik und Raumfahrt in der Nachkriegszeit bis zu heutigen Tagen.

Verfasser

Professor

G. M. PETROWITSCH

Titelbild: das erste sowjetische experimentelle Flüssigkeits-Raketen-Triebwerk (OPM-1), welches im GDL in den Jahren 1930—1931 entwickelt wurde.

Rückbild: die erste sowjetische Rakete vom Typ 09 mit flüssigem Sauerstoff in gelatineartigem Benzin (GIRD 09), welche am 17. September 1933 gestartet wurde.

**AT THE SOURCE OF SOVIET
ROCKET ENGINEERING**

Part I

**AN DER QUELLE DES
SOWJETISCHEN RAKETENBAUS**

Teil I

By the 50th anniversary of the Soviet State, 10 years had passed since the fervour and efforts of the Soviet people sent the first man-made Earth satellite into orbit. This event marked the advent of the space age in the history of man's evolution.

In this ten year period the development of space rocket systems and manned space flight advanced rapidly and influenced many aspects of human activity.

For thousands of years men have dreamed of travelling to the stars. Hundreds of years ago primitive powder rockets were used first for fireworks and then for military purposes. The idea of using rockets to carry man to other celestial bodies can be found in the novels of French writers. Some of these books are *Voyage to the Moon* written in 1649 by Cyrano de Bergerac, *Voyage to Venus* written in 1865 by Achilles Eyraud, and *Around the Moon* written by Jules Verne in 1870. The idea of creating artificial Earth satellites with the aid of rockets hurled from cannons was first expressed in Jules Verne's novel *Five Hundred Million of the Begum* (1879).

The first known scientific project of a manned spacecraft was proposed by the Russian scholar and revolutionist N. I. Kibalchich in 1881. In 1893 H. Ganswindt, a German inventor, proposed a project for a gun-powder-powered passenger rocket for flight to other planets.

The great Russian scientist K. E. Tsiolkovsky, regarded as the father of astronautics, first advanced the theories and techniques that made it possible to inject man into outer space and his exploration and conquest of the universe. His work *Rockets into Cosmic Space* published in 1903 and subsequent supplements to it are a fundamental contribution to world science.

Tsiolkovsky's theoretical studies were later confirmed and expanded by scientific experiment in the Soviet Union (discussed in detail below) as well as in other countries.

K. E. Tsiolkovsky did not live to see the realization of his ideas. The

Am Vorabend des 50 jährigen Jubiläums der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution Jährte sich zum 10. Mal der Tag, an dem der Arbeitseifer des Sowjetvolkes einen künstlichen Erdtrabanten erstmalig auf der Welt um unseren Planeten kreisen ließ.

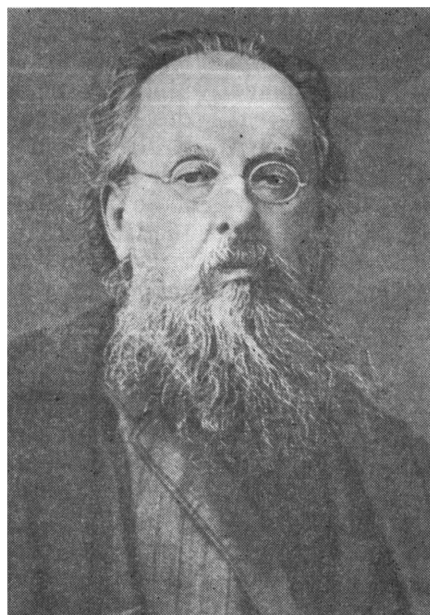
So begann das kosmische Zeitalter in der Geschichte des Menschen.

Der Fortschritt bei der Entwicklung der kosmischen Raketensysteme und der damit zusammenhängende Durchbruch des Menschen in den Weltenraum wiesen in den letzten zehn Jahren ein stürmisches Tempo auf und prägten viele Seiten der menschlichen Tätigkeit.

Der Traum vom Durchbruch ins Weltall, vom Griff nach den Sternen entstand vor Jahrtausenden. Die ersten primitiven Pulver-Raketen wurden bereits in alten Zeiten hergestellt und zunächst für die Feuerwerke, in der Folge für militärische Zwecke genutzt. Der Gedanke, Raketen für den Flug des Menschen zu den Himmelskörpern zu benutzen, tauchte erstmalig in Romanen französischer Autoren auf: "Reise zum Mond" (1649) von Cyrano de Bergerac, "Reise zur Venus" (1865) von Achille Eyraud und "Rund um den Mond" (1870) von Jules Verne. Die Idee der Schaffung von künstlichen Erdtrabanten mit Hilfe von Raketen, die allerdings aus einer Kanone abgeschossen werden, wurde erstmalig Jules Verne in seinem Roman "Fünf hundert Millionen der Begum", ausgesprochen.

Der erste bekannte Entwurf eines gesteuerten Raketenflugapparats — keineswegs Gebilde aus utopischem Roman, sondern in wissenschaftlicher Ausarbeitung verdanken wir dem russischen Revolutionären und Gelehrten N. I. Kibaltschitsch (1881). Im Jahre 1893 legte der deutsche Erfinder H. Ganswindt seinen Entwurf einer Passagier-Pulverrakete für einen interplanetaren Flug vor.

Begründer der Raumfahrt Autor der Theorie des Raketenfluges, der Grundlagen des Baus von kosmischen Raketensystemen, der ersten wissenschaftlichbegründeten Pläne bemannter kosmischer Reisen, der Erschließung des Weltalls ist unser



K. E. Tsiolkovsky (1857—1935) K. E. Ziolkowski (1857—1935)

first step into outer space was made 22 years after his death.

More than half a century lay between the publication of Tsiolkovsky's classical work and that remarkable event in the history of mankind; as a result of the endeavors and talent of the Soviet people, the fetters of gravitation were thrown off for the first time, opening up a new boundless world of weightlessness, full of mystery and stars.

The Soviet Union launched the first artificial Earth, Solar and Lunar satellites; sent the first automatic stations to the Moon, to Venus, and to Mars. Soviet automatic stations were the first to land on the Moon and on Venus, to photograph the reverse side of the Moon, to make the first soft landing on the Moon and to transmit pictures of the lunar landscape to the Earth. The first man and the first woman to perform single and group spaceflights were citizens of the USSR. A Soviet cosmonaut was the first man to step out into open space. These and many other achievements in space exploration justify the pride the Soviet people take in their motherland. General interest in rocket

große Landsmann K. E. Ziolkowski. Seine 1903 veröffentlichte Arbeit "Erforschung des Alls mit Rückstoßapparaten" mit den nachfolgenden Ergänzungen bedeuten einen grundlegenden Beitrag zur Schatzkammer der Wissenschaft.

Die theoretischen Arbeiten Ziolkowskis wurden später von verschiedenen wissenschaftlichen Forschungen in eigenem Lande (nachstehend gehen wir darauf ein) sowie in anderen Ländern bestätigt und ergänzt.

Ziolkowski war es nicht gegeben seinen Traum verwirklicht zu sehen. Der erste Durchbruch in den Kosmos erfolgte 22 Jahre nach dem Tode des großen Gelehrten.

Mehr als fünfzig Jahre sind verstrichen seit dem Tage, da die klassische Arbeit Ziolkowskis veröffentlicht war, und bis zum denkwürdigen Ereignis in der Geschichte der Menschheit, als dank den Anstrengungen und dem Talent des Sowjetvolkes die Fesseln der Erdanziehung gesprengt wurden, und die Menschheit in eine neue, unermessliche Welt der Schwerelosigkeit, sternenberät und geheimnisvoll Einblick bekam.

engineering has been aroused; and everyone wants to know how and where the powerful Soviet rockets originated, when and by whom the problems of rocketry were raised and solved. The development of gunpowder rockets in Russia has its own history. Without dwelling on the obscure earlier period it is sufficient to mention the "Rocket Establishment" founded in Moscow in approximately 1680 for fabrication of large quantities of rockets. In the 18th and 19th centuries gunpowder rockets were used in the Russian army and navy.

The development of the theory, design and technology of gunpowder rockets owes much to outstanding Russian artillery engineers and scientists such as A. D. Zasyadko (1779—1837), K. I. Konstantinov (1817—1871), head of the Petersburg rocket works and author of *Combatant Rockets* (1861), M. M. Pomortsev (1851—1916) and N. I. Tikhomirov (1860—1930). A description of their contributions to the development of rocketry in Russia would in itself fill a separate volume.

In the past many Russian inventors and designers investigated the possibility of utilizing the reaction principle of motion for scientific solution of the problem of flight in the air. In 1849 I. I. Tretesky (1821—1895), a military engineer, developed designs for three aircraft lighter than air and which could be set in motion by the reaction of a jet of gas or steam; and in 1866, N. M. Sokovnin (1811—1894), an admiral in the Russian navy, in his paper, *The Airship*, suggested a reaction aerostat "whose flight would be similar to that of rockets"¹. N. A. Teleshev (1828—1895), a retired artillery captain, obtained a patent in 1867 for a jet-propelled airplane of the "Delta" type, and in 1887, F. R. Geshvend, an inventor in Kiev, in his brochure *General Principles of Airship Design (Steam-powered)* proposed the use of a steam jet engine in aircraft.

It was N. I. Kibalchich (1853—1881), the famed revolutionist, and member of the *Narodnaya Volya*, who first developed a project for a manned rocket aircraft in Russia.

Die Flüge der ersten künstlichen Satelliten der Erde, der Sonne und des Mondes, der ersten automatischen Stationen zum Mond, Mars und zur Venus, die erste Landung der automatischen Stationen auf der Oberfläche des Mondes und der Venus, die Fotoaufnahmen der Rückseite des Mondes, die erste weiche Landung einer automatischen Station auf dem Mond und die Übertragung der Abbildungen der Mondoberfläche auf die Erde, die Flüge der ersten Raumfahrer (darunter einer Frau, Einzel- und Gruppenraumflüge in ein- bzw. mehrsitzigen Raumschiffen), der erste Ausstieg eines Astronauten aus dem Raumschiff in die kosmischen Tiefen und zahlreiche andere Errungenschaften unseres Landes lösen bei allen sowjetischen Menschen berechtigtes Gefühl des Stolzes aus. Es wächst das Interesse dafür, wie und wo der sowjetische Raketenbau, welcher heute einen so stürmischen Aufstieg erlebt, entstanden ist, welche Probleme, wann und von wem dabei gelöst worden sind.

Die Entwicklung der Pulverraketen in Rußland hat ihre Geschichte. Ohne auf die vorerst noch wenig erforschte Anfangsperiode einzugehen, möchten wir erwähnen, daß um das Jahr 1680 in Moskau eine "Raketen-Anstalt" eröffnet worden war, in der man Raketen in großen Mengen herstellte. Im XVIII.—XIX. Jh. wurden Pulverraketen in der russischen Armee und Flotte genutzt.

Einen großen Beitrag zur Entwicklung der Theorie, Konstruktion und Technologie von Pulverraketen leisteten die hervorragenden russischen Artilleristen und Wissenschaftler: A. D. Sasjadjko (1779—1837), K. I. Konstantinow (1817—1871), der übrigens die Raketen-Fabrik von Petersburg leitete und die fundamentale Abhandlung "Über Kampf Raketen" (1861) verfaßte, M. M. Pomorzew (1851—1916), N. I. Tichomirow (1860—1930) und andere. Über die Leistung dieser Gelehrten bei der Entwicklung der einheimischen Raketechnik könnte man ein besonderes Buch schreiben.

An der Nutzung der Rückstoßbewegung bei der Lösung des Pro-



N. I. Kibalchich (1853—1881) N. I. Kibaltschitsch (1853—1881)

N. I. Kibalchich made a thorough study of all the literature on explosives and gunpowders, available in the Russian, French, German, and English languages and displayed exceptional ingenuity. His contemporaries wrote that "technicians in the employ of the government would do well to learn from Kibalchich, a man of great erudition, who for two years performed a series of tests in a laboratory, the likes of which could be envied by the experts who disputed with Kibalchich in court... He was well acquainted with the properties of nitroglycerine preparations which he used with great skill"². Up to the time of his arrest, Kibalchich headed the laboratory of the executive committee of the *Narodnaya Volya*. This talented inventor devoted his life to the struggle against tsarism. During his imprisonment in St. Petersburg, in March 1881, in the short period before his execution, he developed his *Project of an Aircraft* which deals with gunpowder rocket aircraft. In this project Kibalchich discussed such technical

blems bemannter Flüge war im Laufe der Zeit eine ganze Phalanx von Erfindern und Konstrukteuren tätig gewesen. 1849 entwickelte der Militäringenieur I. I. Trotski (1821—1895) das Projekt dreier Flugapparate, die leichter als die Luft wären und sich mit Hilfe eines Gas oder Dampfstrahls bewegen könnten. 1866 schilderte der Admiral der russischen Flotte N. M. Sokownin (1811—1894) in seiner Abhandlung "Luftschiff" einen Rückstoßluftballon, welcher "in einer Weise fliegen sollte, wie dies bei einer Rakete der Fall ist"⁴. N. A. Teleschew (1828—1895), Artilleriehauptmann a. D., erhielt 1867 ein Patent für einen Rückstoßflugapparat vom Typ "Delta", während der Kiewer Erfinder F. R. Geschwend 1887 in seiner Broschüre "Allgemeine Grundlagen des Baus eines Luftdampfers (Dampfflugapparats)" einen Flugapparat mit Rückstoß-Dampftriebwerk präsentierte.

Der erste Entwurf eines bemannten Raketen-Flugapparats war in Rußland von N. I. Kibaltschitsch

problems as the design of rocket engines powered by gunpowder; rocket control by means of changing the angle of inclination of the engine; the combustion conditions necessary for continuous elevation or hovering at a given altitude; maintenance of stability of the craft, and a number of other problems.

Two years later, in 1883, K. E. Tsiolkovsky (1857—1935) in his work, *Free Space*, first described his space-ship with an engine using the reaction principle. His work, *Thoughts of the Earth and Sky and the Effect of Universal Gravitation*, was published in Moscow in 1895. Here he first expressed the idea of a man-made Earth satellite.

Tsiolkovsky's classical work, *Rockets into Cosmic Space*, was published in the May issue of *Nauchnoye obozrenie* (Science Review), a Petersburg magazine. This work shows what heights can be reached by human genius. For the first time the basic theory of rocket flight was expounded with great precision and lucidity, and a description given of the design principles of the rocket and the liquid-propellant rocket engine. Tsiolkovsky later published valuable supplements to this work (St. Petersburg, 1911 and 1912; Kaluga, 1914 and 1926), where he discussed in detail a plan for injecting man into space, the peopling of interplanetary space, the exploitation of celestial bodies, the utilization of solar energy which is practically inexhaustible. Here also, in 1912, Tsiolkovsky set forth the idea of an electric rocket engine in which charged particles are ejected, and points out the feasibility of creating rocket engines using nuclear energy. But these, he believed, were for the remote future. He suggested that use be made, at first, of rockets powered by liquid propellants that would consist of liquid oxygen, ozone, or nitrogen pentoxide as oxidizers; and liquid hydrogen, methane, hydrocarbons, benzene, gasoline, turpentine, or other substances as fuels.

In subsequent years, K. E. Tsiolkovsky wrote a number of other

(1853—1881), dem bekannten Kämpfer gegen den Zarismus, ausgearbeitet worden.

N. I. Kibaltschitsch hatte sich mit zahlreichen Abhandlungen über Sprengstoffe in russischer, französischer, deutscher und englischer Sprache eingehend befaßt.

Seine Arbeiten verraten einen begabten Erfinder. Zeitgenossen sagten u.a. folgendes aus: "Die technischen Spezialisten der Regierungsbehörden sollten keinen Anstoß daran nehmen, aber sie könnten bei Kibaltschitsch manches lernen: er besaß umfassende Kenntnisse und verfügte über ein vorzügliches Laboratorium mehr als zwei Jahre lang; seine Erfahrungen übertrafen bei weitem die der offiziellen Experten, welche sich mit ihm in der Gerichtsverhandlung auseinandersetzen... Er war vertraut mit allen Eigenschaften der Nitroglyzerinpräparate und hatte eine wahre Virtuosität bei ihrer Anwendung erreicht"². Vor seiner Verhaftung leitete N. I. Kibaltschitsch das Laboratorium des Exekutivkomitees der revolutionären Organisation "Narodnaja wolja" (Volkswille). Während der kurzen Zeit seiner Haft in einem Petersburger Gefängnis vor der Hinrichtung arbeitete der talentvolle Erfinder, der sein Leben im Kampf gegen den Zarismus ließ, am "Projekt eines Luftfahrtapparats", welcher mit einem Raketenpulvertriebwerk bestückt sein sollte. Das Projekt behandelte solche technischen Fragen wie Konstruktion des Raketenpulvertriebwerks, Lenkung der Rakete durch Änderung des Neigungswinkels des Triebwerkes, vorgegebene Brennbedingungen für ununterbrochenen Aufstieg und Schwebeflug in der Höhe, Gewährleistung der Stabilität des Apparats u.a.m.

Zwei Jahre später — im Jahre 1883 — beschrieb K. E. Ziolkowski (1857—1935) in seiner Arbeit "Der freie Raum" erstmalig ein Raumschiff mit einem Rückstoßtriebwerk. 1895 erschien in Moskau sein Buch "Träume von Erde und Himmel und die Effekte der Weltgravitation", in welchem der Gedanke der Schaffung eines künstlichen Erdsatelliten ausgesprochen war.

papers dealing with his investigations into the problems of space flight.

Another outstanding Russian scientist and inventor, S. S. Nezhdanovsky (1850—1940), worked on the problems of jet flight. As early as 1880, he came to the conclusion that the designing of a jet-propelled vehicle was possible. In 1882—1884, when studying the problem of powering reaction engines, he considered, in his manuscript, the use of an explosive mixture consisting of two liquids—a fuel (kerosene) and an oxidizer (nitric acid) ³.

In the years that followed, work on the problems of jet space flight was carried out in Russia by the inventors A. B. Evald (1886), A. P. Fedorov (1896) and many others.

Certain elements in the theory of reaction engines as applied to sea-going vessels were developed by the father of Russian aviation, N. E. Zhukovsky (1847—1921), as can be seen from his papers *Reaction of the Outflow and Inflow Fluids* (1882, 1885) and *Theory of Ships Actuated by Reaction of Outflow Water* (1908).

The outstanding Russian scientist I. V. Meshchersky (1859—1935), in a lecture on *A Particular Case of the Guldin Theorem* given at the St. Petersburg Mathematical Society in 1893, reported on the results of his studies in the theory of motion of bodies with variable mass and in his paper *Dynamics of a Particle with Variable Mass* published in 1897, I. V. Meshchersky illustrated this with the equation for motion of vertical flight of a rocket. These investigations were supplemented by a paper on *The General Case of the Motion of a Particle with Variable Mass* (1904) also published in St. Petersburg.

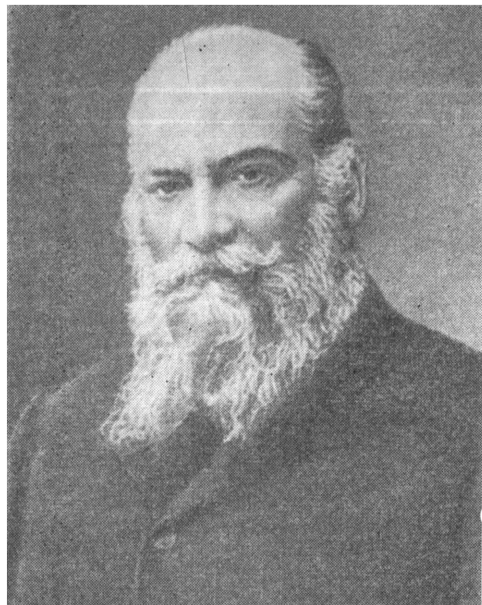
His paper, *The Problem of the Dynamics of Variable Masses*, dealing with the motion of a system of bodies with variable masses was published in 1918. Thus, I. V. Meshchersky set forth the basic equations of rocket dynamics.

The remarkable book *Interplanetary Travel* by Ya. I. Perelman (1882—1942), the well-known science

Im Mai-Heft der Petersburger Zeitschrift "Nautschnoje obosrenije" (Wissenschaftliche Berichte) wurde im Jahre 1903 die klassische Arbeit Ziolkowskis "Erforschung des Alls mit Rückstoßapparaten" veröffentlicht, die zeigte, welche Höhen das menschliche Genie zu erreichen vermag. Mit außerordentlicher Präzision und Klarheit wurden in diesem Buch erstmalig in der Welt die Grundlagen der Theorie des Raketenfluges und die Prinzipien der Konstruktion einer Rakete und eines Flüssigtreibstoff-Raketenmotors beschrieben. Später veröffentlichte der Gelehrte wertvolle Ergänzungen zu diesem Buch (sie erschienen 1911 und 1912 in Petersburg, 1914 und 1926 in Kaluga). In diesen Ergänzungen, die unter dem gleichen Titel erschienen waren, wurde der Plan zum Durchbruch des Menschen in den Kosmos, zur Besiedlung der interplanetaren Räume, zur Nutzung der Ressourcen von Himmelskörpern und der praktisch unerschöpflichen Sonnenenergie dargelegt. Ziolkowski lieferte eine grundsätzliche Beschreibung der Konstruktion eines elektrischen Raketentriebwerkes, in welchem die Rückstoßkraft von den geladenen Partikeln erzeugt wird, und verwies auf die Vorteile der Entwicklung eines Raketentriebwerks unter Nutzung der Atomenergie. Das letztere war Zukunftsmusik. Der Gelehrte schlug vor, zunächst Raketen mit flüssigem Treibstoff zu bauen, die seiner Meinung nach als Oxydator Flüssig-Sauerstoff, Ozon, Stickstoffpentoxid, und als Brennstoff Flüssig-Sauerstoff, Methan, Kohlenwasserstoff, Benzol, Terpentinöl u.a. nutzen könnten.

In den nachfolgenden Jahren schrieb Ziolkowski weitere Abhandlungen über kosmische Flüge.

Am Problem des Rückstoßfluges arbeitete auch ein anderer hervorragender russischer Erfinder — S. S. Neshdanowski (1850—1940), der bereits 1880 auf den Gedanken kam, einen Flugapparat mit Rückstoßantrieb zu entwickeln. In den Jahren 1882—1884 Fragen der Energetik der Rückstoßbewegung studierend, beschrieb er in einem Manuskript die



N. E. Zhukovsky (1847—1921)

N. E. Shukowski (1847—1921)



I. V. Meshchersky (1859—1935)

I. W. Mestscherski (1859—1935)

popularizer, was published in 1915, and in the following 20 years it was reprinted 10 times. All the means of manned space flight described in literature are criticized here from a scientific point of view. It includes the cannon of Jules Verne and H. G. Wells' caverit and, lastly, Tsiolkovsky's rocket. The result of Perelman's critical analysis is his conclusion that the rocket is the only feasible means of man's conquest of space.

This terminated the prerevolutionary period in the development of rocket science and engineering in Russia. The conservatism of the tsarist government impeded the advancement of all that was new and progressive. Kibalchich's prophetic manuscripts lay dormant in the files of the Secret Political Police Department of tsarist Russia until the Revolution of 1917, nor did the brilliant studies of K. E. Tsiolkovsky find support.

The Great October Socialist Revolution was the turning point in the development of rocketry in Russia. By this time K. E. Tsiolkovsky was

Anwendung eines Explosionsgemisches, welches aus zwei Flüssigkeiten — Brennstoff (Petroleum) und Oxydator (Salpetersäure) — besteht und eine Energiequelle für ein Rückstoßtriebwerk darstellt³.

In den nachfolgenden Jahren beschäftigten sich in der UdSSR A. Ewald (1886), A. Fjodorow (1896) u.a. mit dem Problem des Rückstoßfluges.

Einige Elemente der Theorie des Rückstoßtriebwerkes für Seeschiffe hat der Vater der russischen Luftfahrt N. J. Shukowski (1847—1921) ausgearbeitet. Davon zeugen seine Artikel "Über die Reaktion der ein- und ausströmenden Flüssigkeit" (1882, 1885) und "Zur Theorie der Schiffe, welche durch die Kraft der Reaktion des ausströmenden Wassers in Bewegung versetzt werden" (1908).

Der prominente russische Gelehrte I. W. Mestscherski (1859—1935) berichtete in einem seiner Vorträge zum Thema "Einzelfall des Gülden-Theorems" 1893 in der mathemati-



Ya. I. Perelman (1882—1942) J. I. Perelmann (1882—1942)

60 years old. Under Soviet power, in the last 18 years of his life, Tsiolkovsky carried out and published much more theoretical work than in the prerevolutionary period.

Tsiolkovsky's associates and pupils systematically conducted experiments in rocketry at special laboratories, institutes, and designing offices.

In the history of the conquest of space, Tsiolkovsky is rightly regarded as the founder of the theory of reactive motion and the underlying principles of this new branch of science and engineering, as a fervent popularizer of space flight, as an inventor, thinker, and outstanding scientist and patriot.

In the years 1917—1919 Yu. V. Kondratyuk (1897—1942), a talented researcher, worked on the basic problems of rocket motion, which he set forth in a paper called *For Those Who Will Read in Order to Build* published in 1964. In 1929, in Novosibirsk, he published a theoretical study *The Conquest of Interplanetary Space* which is a partial repetition of Tsiolkovsky's work, and at the same time supplements it. He solved a

schon Gesellschaft von Petersburg über seine Studien zur Theorie der Bewegung von Körpern mit veränderlicher Masse. In dem 1897 veröffentlichten Beitrag "Dynamik des Punktes der veränderlichen Masse" führte I. W. Mestscherski als Beispiel die Gleichung der Bewegung einer senkrecht startenden Rakete an. Diese Forschungen wurden durch den Artikel "Die Gleichung der Bewegung des Punktes der veränderlichen Masse im allgemeinen Fall" (1904) ergänzt, welcher — gleich dem erstgenannten — in Petersburg veröffentlicht wurde.

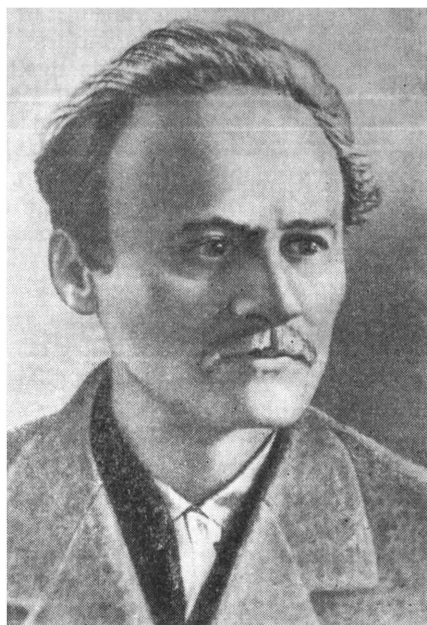
1918 erschien der Beitrag "Eine Aufgabe aus der Dynamik der veränderlichen Massen", gewidmet der Bewegung eines Systems von Punkten mit veränderlicher Masse. Somit hat I. W. Mestscherski die wichtigsten Gleichungen der Raketendynamik dargelegt.

1915 veröffentlichte in Petrograd der bekannte Wissenschaftler und Aufklärer J. I. Perelmann (1882—1942) sein Werk "Die interplanetaren Reisen". Im Laufe von 20 Jahren erlebte es zehn Ausgaben. Dieses in



Yu. V. Kondratyuk (1897—1942)

J. W. Kondratjuk (1897—1942)



F. A. Tsander (1887—1933)

F. A. Zander (1887—1933)

number of problems of rocket dynamics and rocket design in a new way. Kondratyuk, who knew nothing of Tsiolkovsky's research work, independently derived the principal equations of rocket motion in a novel manner. He considered the most effective space flight trajectories; the theory of multi-stage rockets; artificial satellites of planets for intermediate in-flight rocket refueling stations; economic landing of rockets, making use of atmospheric drag. He proposed the use of certain metals, metalloids, and their hydrides, for instance, boranes, as engine fuels.

One of the most outstanding Soviet rocket designers was F. A. Tsander (1887—1933). He was the first engineer to devote his entire life to the solution of the problems of rocket engineering.

As early as 1907 he began his theoretical investigations and somewhat later he started design calculations. Tsander is known in the history of science as the founder of the basic

ausgezeichneter Sprache abgefaßte Buch behandelte vom Standpunkt der wissenschaftlichen Kritik alle aus der Literatur bekannten "Methoden" eines bemannten Raumfluges. Hier finden wir nebst der berühmten Kanone von Jules Verne und dem die Gravitationskräfte reflektierenden Apparat von Herbert Wells einen Stoff, welcher die Gravitationskräfte durchläßt, folglich ihnen nicht untertan ist. Lichtdruckschirme, welche die Abstoßwirkung der Sonnenstrahlung nutzen, und schließlich die Rakete von Ziolkowski. Im Ergebnis seiner kritischen Analyse beweist J. I. Perelmann, daß die Rakete das einzig richtige, zuversichtliche Mittel für den Durchbruch des Menschen in den Kosmos sei.

Damit wäre die kurze Übersicht der Entwicklung der Raketentechnik und wissenschaft in unserem Lande vor der Oktoberrevolution beendet. Der Konservatismus der zaristischen Regierung verhinderte die Entwicklung des Neuen und Fortschrittli-

theory of jet engine calculation. At a conference of Moscow inventors in 1921, Tsander reported on his design of a spaceship-aircraft and in 1924 in *Tekhnika i zhizn* he published an article entitled *Flights to Other Planets*. In it he described one of his basic ideas, the combination of a rocket and airplane for take-off from the Earth and subsequent burning of the airplane in the combustion chamber of the rocket engine to increase the rocket's flight range.

In 1930, F. A. Tsander made the first Soviet laboratory model of a jet engine of a new type out of an ordinary blow torch and called it OP-1. The engine worked on condensed air and gasoline and produced a thrust of 145 g. He later developed a liquid-propellant rocket engine that was powered by liquid oxygen and gasoline.

In his manuscripts F. A. Tsander discussed the utilization of the atmosphere for take-off and landing, whether interplanetary space flight with the aid of light pressure was possible, the determination of spacecraft trajectories, and a number of other pertinent scientific problems.

Summarized in his book *The Problems of Flight with the Aid of Reaction Apparatuses* published in 1932 are his theoretical investigations of various aspects of the structure of aircraft-launched rockets and their flight in space, his research into the optimum thermodynamic cycles in jet and air-breathing engines, and into the combustion of a number of metals and their alloys.

In Moscow at the Military Scientific Society at the Air Academy (now known as the Zhukovsky Military Academy of Aviation Engineering) an interplanetary travel section was founded in April, 1924. That same year it was reorganized into the Society for the Study of Interplanetary Travel (OIMS), of which G. M. Kramarov became president. This society functioned for about a year and did much to promote the idea of space flight in the Soviet Union.

In 1925, in Kiev, Academician D. A. Grave organized a circle for the exploration and conquest of space; the scientific and technical council

chen. Die Unterlagen von N. I. Kibal'schtsch mit seinen wahrhaft prophetischen wissenschaftlichen Darlegungen blieben im Archiv der zaristischen Geheimpolizei liegen bis zur Revolution 1917; die glänzenden Arbeiten von K. E. Ziolkowski fanden keine Unterstützung.

Die Große Sozialistische Oktoberrevolution bedeutete eine Wende in der Entwicklung des Raketenbaus in unserem Lande. K. E. Ziolkowski war damals schon ein Sechzigjähriger. Im Laufe der 18 Jahre seines Lebens zur Sowjetzeit veröffentlichte er eine Reihe theoretischer Arbeiten, bedeutend mehr als während seines ganzen Lebens vor der Revolution.

Die Schüler von Ziolkowski entwickelten und ergänzten seine theoretischen Forschungen und führten experimentelle Arbeiten in der Raketentechnik in speziellen Laboratorien, Instituten und Konstruktionsbüros.

K. E. Ziolkowski ging mit Recht in die Geschichte der Kosmoserschließung ein als Begründer der Theorie der Rückstoßbewegung, als Autor jener Prinzipien, die der Entwicklung dieses neuen Bereichs der Wissenschaft und Technik zugrundelagen. Überzeugter Verfechter der Idee des kosmischen Fluges, war er ein Erfinder, Denker und großer Patriot seines Landes.

1917—1919 arbeitete der begabte Forscher J. W. Kondratjuk (1897—1942) an den Grundproblemen der Rückstoßbewegung dargelegt im Manuskript "Für Jene, die es lesen werden, um zu bauen" (erstmalig erschien das Manuskript 1964). 1929 veröffentlichte er in Nowosibirsk seine theoretische Abhandlung "Eroberung der kosmischen Weiten", die teils Wiederholung teils Ergänzung der von Ziolkowski erarbeiteten Grundlagen darstellt. Einige Fragen der Raketendynamik und des Raketenbaus fanden hier eine neue Lösung. Unabhängig von Ziolkowski, ohne dessen Arbeiten überhaupt gekannt zu haben, stellte J. Kondratjuk mit Hilfe einer originellen Methode die Hauptgleichungen für die Bewegung der Rakete auf. In seinen Arbeiten behandelt er folgende Probleme: energetisch günstigste Flugbah-

of this circle consisted of Academicians E. O. Paton, B. I. Sreznevsky, K. K. Seminsky, V. I. Shaposhnikov, and other scientists and engineers. This circle and the inventors' section of the Kiev Association of Engineers and Technicians organized the first exhibition on interplanetary space exploration, opened June 19, 1925. The exhibition was a great success. Those who attended it had the opportunity to listen to lectures on the conquest of space delivered by eminent scientists⁴.

Many circles to study the problems of space flights began to appear in the USSR. Academician D. A. Grave on July 14, 1925, addressed these enthusiasts and welcomed their efforts in rocket engineering.

In Moscow, in 1927, the Association of Inventors (AII) organized the first international exhibition of spacecraft models. Shown here were the work of K. E. Tsiolkovsky (USSR), R. Goddard (USA), G. Oberth (Germany), M. Valier (Austria), F. A. Tsander (USSR), R. Esnault-Pelterie (France), and many others.

At the close of 1928, in Leningrad, an interplanetary travel group was organized at the Institute of Railway Engineering (now the Obrastsov Railway Engineering Institute). The president of the group was Professor N. A. Rynin (1877—1942), the dean of the air communication faculty of this institute. Its members were teachers, engineers, and students.

In 1929, N. A. Rynin published his proposal on the organization of a national or international space travel research institute; it contained a detailed description of its structure and aims. N. A. Rynin conducted research work in the field of rocketry and studied the effects of acceleration on the animal organism exposed to overload due to inertia; but he is best known as the author of a unique 9-volume space-travel encyclopedia published in 1928—1932. This is a comprehensive collection of myths and legends about space flight handed down from the distant past, the fantasies of novelists, theoretical and experimental investigations. One volume was devoted to analysis of the

nen für Raumschiffe; Theorie der Mehrstufenraketen, der interplanetaren Raketen-Tankstationen, die als Trabanten um die Planeten kreisen, der wirtschaftlichen Landung der Raketen auf dem Planeten unter Benutzung der Bremsung durch die Atmosphäre. Einige Metalle, Metalloide und Wasserstoffverbindungen — z.B. Borwasserstoff — wurden als Brennstoff für die Triebwerke vorgeschlagen.

Ein bedeutender Vertreter der sowjetischen Schule des Raketenbaus war Friedrich Zander (1887—1933), der erste Ingenieur im Lande der sein ganzes Leben den Problemen der Raketentechnik widmet. Seit 1907 begann er mit seinen theoretischen Forschungen, etwas später stellte er dazu Ingenieurberechnungen auf. In die Geschichte der Wissenschaft ist F. Zander als Mitbegründer der Theorie zur Berechnung der Rückstossapparate eingegangen. Zander propagierte die Ideen interplanetaren Flüge. 1921 hielt er einen Vortrag über das Projekt eines Flugzeug-Raumschiffes auf der Moskauer Erfinderkonferenz. 1924 veröffentlichte er in der Zeitschrift "Technik und Leben" einen Beitrag ("Flüge zu anderen Planeten"), in welchem er eine seiner wichtigsten Ideen darlegte: eine Vereinigung der Rakete mit dem Flugzeug für den Start von der Erde mit nachfolgender Verbrennung der Flugzeugkonstruktion (in der Schubkammer des Raketenantriebs) zur Gewinnung zusätzlichen Treibstoffes, um die Fluglänge der Rakete zu vergrößern.

1930 bastelte F. Zander aus einer gewöhnlichen Lötlampe das erste sowjetische Labormodell eines Raketenantriebs neuen Typs und nannte es OP-1 (abgekürzt von den russischen Worten "opytny raketny" — "Raketen-Versuchsmotor"). Das Triebwerk arbeitete mit Pressluft und Benzin und ergab eine Hubkraft bis 145 g. Später entwickelte der Erfinder Flüssigkeits-Raketenantriebe, welche flüssigen Sauerstoff und Benzin als Brennstoff nutzten.

In seinen Manuskripten behandelte F. Zander folgende Fragen:



N. A. Rynin (1877—1942) N. A. Rynin (1877—1942)

scientific heritage of K. E. Tsiolkovsky. At that time the encyclopedia was a valuable source of information for all those who began to work in the field of rocketry. The last volume contains a complete bibliography. This work is of undoubted historical and bibliographical value although the criticism of the material it contains is at times inadequate.

N. A. Rynin collected a considerable amount of interesting new material and began to prepare a second edition of the encyclopedia which was to be much larger than the first one. However, Rynin died in 1942 without having completed his work.

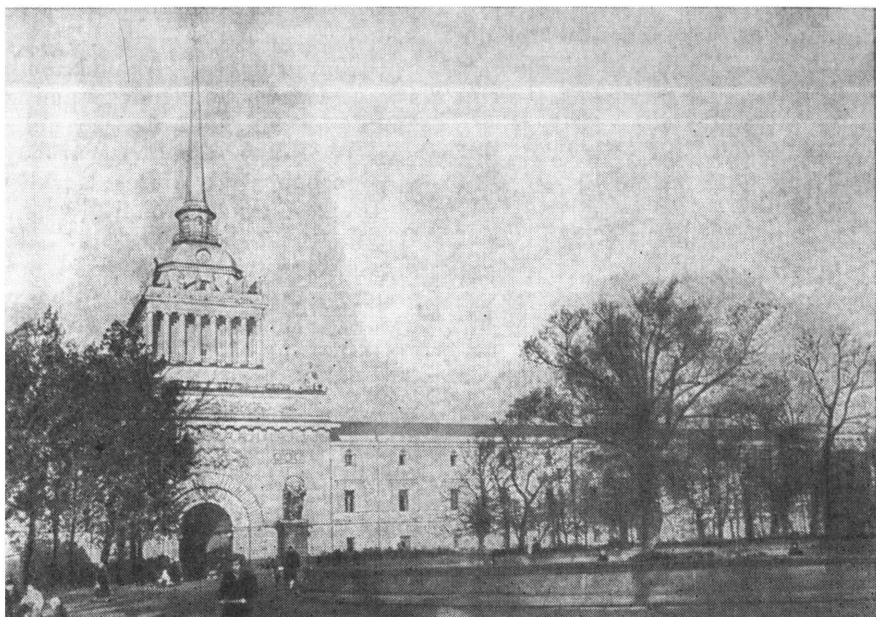
Beginning with 1934, A. A. Shternfeld began to publish numerous scientific and popular science papers on space flight. They were issued in 35 countries in 31 languages. His best known works are *An Introduction to Astronautics* (1937) and *Artificial Earth Satellites* (1956, 1958). A. A. Shternfeld was twice awarded international space flight prizes (1934 and 1963).

The beginning of experimental research in the USSR aimed at creating electric and liquid-propellant

Nutzung der Atmosphäre bei Aufstieg und Landung, Bewerkstellung interplanetarer Flüge unter Auswertung des Lichtdrucks, Ermittlung der Flugbahnen der Raumschiffe sowie eine Reihe anderer wissenschaftlichen Probleme, die mit den kosmischen Flügen zusammenhängen.

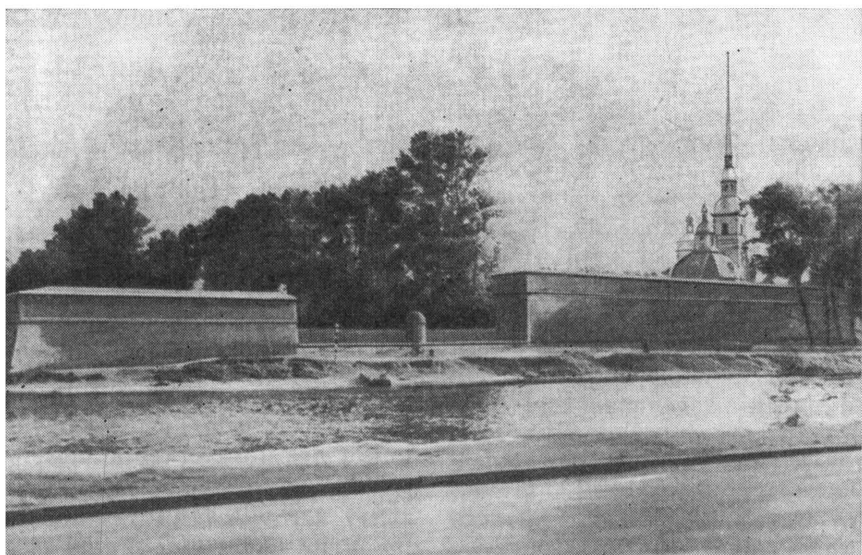
Die theoretischen Forschungen zu Fragen der Konstruktion und der Flüge von Raketenflugzeugen, den günstigsten thermodynamischen Zyklen der Rückstoß- und Luftstrahltriebwerke sowie der Verbrennung einiger Metalle und deren Legierungen wurden im Buch "Probleme des Fluges mit Hilfe von Rückstoßapparaten" (1932) verallgemeinert.

Im April 1924 gründete man in Moskau an der militärischwissenschaftlichen Gesellschaft der Luftflotten-Akademie (heute Shukowski Ingenieur-Akademie der Luftstreitkräfte) eine Sektion für interplanetare Flüge. Im selben Jahr wurde sie in die Gesellschaft zum Studium interplanetarer Flüge unter dem Vorsitz von G. M. Kramarow umgewandelt. Diese Gesellschaft bestand rund ein Jahr lang und spielte eine bedeutende Rolle bei der Verbreitung



Admiralty Building. In 1932—1933 the GDL design office for electric and liquid rocket engines was situated on the 2nd floor to the right of the arch

Das Gebäude der Houpptadmiralität. Rechts vom Bogen in dem ersten Geschoss befand sich in 1932—1933 das Konstruktionsbüro der elektrisch. betätigten und Flüsseigkeits-raketen-Triebwerke des GDL



Peter and Paul Fortress. Building and yard of former Ioannov Ravalin where testing stands and mechanical workshop of GDL were situated in 1932—1933

Die Peterpauls-Festung. Hier in 1932—1933 haben die Versuchsstationen und Werkstätte des GDL den Hof und das Gebäude des ehemaligen Iohann-Ravelins besetzt

rocket engines dates back to May 15, 1929, when the first experimental design office was established at the Gas Dynamic Laboratory (GDL) in Leningrad, especially for that purpose.

The history of the origin of this laboratory is as follows. In Moscow, at the beginning of 1921, N. I. Tikhomirov (1860—1930), a chemical engineer, organized the first state laboratory in the USSR for developing rocket missiles powered by smokeless gunpowder. It was the talented artillery engineer V. A. Artemov, engaged at this laboratory, who on March 3, 1928, successfully fired a rocket powered by granular smokeless powder (trotyl pyroxylin) at the Rzhevka proving ground near Leningrad. In this connection, in July of the same year, N. I. Tikhomirov's laboratory was enlarged and renamed the Gas Dynamics Laboratory, sponsored by the research committee of the Revolutionary Military Council of the USSR. It was located on the territory of the scientific proving ground for artillery on the outskirts of Leningrad. Here it occupied half of a large, one-storey building. The other half of the building accommodated an excellently equipped chemical laboratory where chemists of the GDL experimented with propellants for liquid rocket engines. Besides, the Gas Dynamics Laboratory had at its disposal a mechanical workshop at the proving ground, administrative offices in the center of the city, a shop in the building of the Admiralty research laboratory at the Grebnoy Port (Vasilyevsky Island) for the manufacture of smokeless gunpowder charges for rocket missiles.

The first division of the GDL worked on the development of gunpowder rocket missiles. Engaged here were the artillery engineers B. S. Petropavlovsky, G. E. Langemak, V. A. Artemov, L. E. Shwarts and others. The smokeless powder rocket missiles of various calibre which they designed passed proving ground and army tests, and advanced models were used in World War II where they became known as the famed "Katyusha" combat vehicle.

Working in the second division of

der Raumfahrtideen in unserem Lande.

1925 gründete Akademiemitglied D. A. Grawe in Kiew einen Zirkel zum Studium und der Erschließung des Weltalls. Dem wissenschaftlich-technischen Rat dieses Zirkels gehörten an: Akademiemitglieder J. O. Paton, B. I. Sresnewski, K. K. Seminskij, W. I. Schaposchnikow und andere Wissenschaftler und Ingenieure. Dieser Zirkel veranstaltete am 19. Juni 1925 in Zusammenarbeit mit der Sektion der Erfinder an der Kiewer Vereinigung der Ingenieure und Techniker eine Ausstellung, welche dem Studium des interplanetaren Raums gewidmet war. Die Ausstellung hatte Erfolg; die Besucher konnten Vorlesungen von Wissenschaftlern über die Erschließung des kosmischen Raums mitanhören⁴.

In der UdSSR entstanden zahlreiche Zirkel zum Studium der Probleme des kosmischen Fluges. Am 14. Juni 1925 richtete Akademiemitglied D. A. Grawe eine Grußbotschaft an diese Enthusiasten der Raketentechnik.

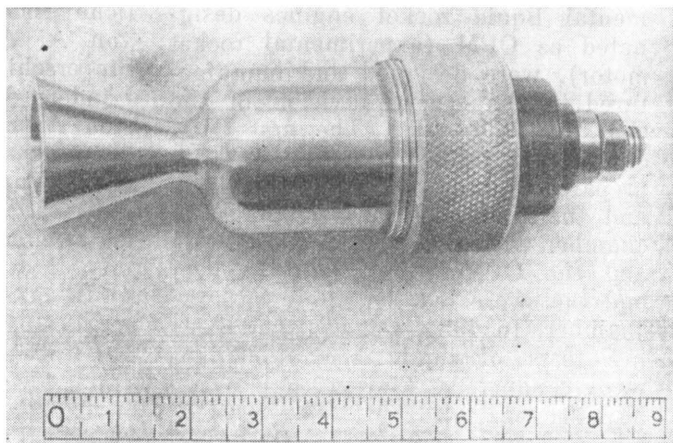
1927 veranstaltete die Vereinigung der Erfinder in Moskau eine erste internationale Ausstellung von Modellen interplanetarer Flugapparate. Hier waren ausgestellt die Arbeiten von Ziolkowski (UdSSR), Goddard (USA), H. Oberth (Deutschland), M. Valier (Österreich), F. Zander (UdSSR), R. Peltry (Frankreich) u.a.m.

Ende 1928 wurde in Leningrad bei der Hochschule der Eisenbahningenieure (sie trägt heute den Namen des Akademiemitglieds W. P. Ohrazow) eine Sektion für interplanetare Reisen gegründet; zu ihrem Vorsitzenden wurde der Dekan der Fakultät des Luftverkehrs dieser Hochschule, Prof. N. A. Rynin (1877—1942) gewählt, Mitglieder waren Professoren, Ingenieure, Studenten.

1929 trat N. A. Rynin in der Presse mit dem Vorschlag auf, ein nationales oder internationales Forschungsinstitut für interplanetare Reisen zu gründen; Struktur und Aufgaben wurden eingehend dargelegt. Rynin führte Forschungsarbeiten auf dem

World's first experimental electric rocket engine of electrothermal type, designed at GDL in 1929—1933

Das erste in der Welt experimentelle elektrische Raketentriebwerk ЭРД vom elektrothermale Typ, entwickelt in GDL in 1929—1933



the Gas Dynamics Laboratory, devoted to development of electric and liquid rocket engines, were such talented engineers and technicians as A. L. Maly, V. I. Serov, I. I. Kulagin, B. N. Kuzmin, E. S. Petrov, N. G. Chernyshov, P. I. Minaev, B. A. Kutkin, V. P. Yukov, I. M. Pankin, and many others. In 1929—1933 the second division obtained theoretical and experimental proof of the feasibility of electric engines using solid or liquid conductors (continuously fed metallic wires or liquid jets) as the working substance that is exploded at a given frequency by an electric current in a chamber with a nozzle.

Work on the electric rocket engine begun at the Gas Dynamics Laboratory has been continued. The world's first ionic and plasma electric rocket engines used in actual space flight were those on the Soviet Voskhod 1 spacecraft and on the Zond 2 automatic station launched in 1964.

In 1930 the GDL first suggested and tested as oxidizers nitric acid, solutions of nitrogen tetroxide in nitric acid, hydrogen peroxide, perchloric acid, tetranitromethane, as well as their solutions in each other, and as fuels, beryllium and other metals. In 1930 exponential nozzles and combustion chamber thermal insulation coatings of zirconium dioxide and other compositions were investigated and tested in engines. In the USSR, the first experi-

Gebiete der Raketentechnik durch, studierte Beschleunigungseffekte bei der Schaffung von Trägheitskraftüberlastungen auf den Organismus der Tiere. Bekannt wurde er als Autor einer Enzyklopädie der Raumfahrt, einer einzigen in ihrer Art, welche in den Jahren 1928—1932 in neun Bänden erschien war. Diese Enzyklopädie ist eine Sammlung von Mythen und Legenden aus uralten Zeiten über den Flug in den Weltenraum, von solcher Art Ideen aus utopischen Romanen, von theoretischen und experimentellen Forschungen. Ein Sonderband der Enzyklopädie war der Analyse des wissenschaftlichen Erbes von Ziolkowski gewidmet. Es war dies für jene Zeit eine wertvolle Sammlung von Kenntnissen, insbesondere für jene gedacht, die auf dem Gebiete der Raketentechnik erst zu arbeiten begannen. Dieses einmalige Werk hatte einen umfangreichen bibliographischen Anhang. Zwar war das darin gesammelte Material nicht immer genügend kritisch analysiert worden, doch steht sein geschichtlich-bibliographischer Wert außer Zweifel.

Nach der Herausgabe dieser Enzyklopädie sammelte N. A. Rynin neue Materialien und bereitete eine zweite, erweiterte Auflage vor. Doch war es ihm nicht beschieden, sein Werk zu vollenden. Er starb 1942.

Seit 1924 werden wissenschaftliche und zahlreiche populärwissenschaft-

mental liquid rocket engines designated as OPM (experimental rocket motor), were designed and manufactured in the second division of the GDL in 1930—1931. The first OPM engine was tested on a preliminarily prepared mixture of liquid oxidizers and fuels, burned in a combustion chamber with a nozzle; in the OPM-1 and the OPM-2 the liquid oxidizer and fuel were fed separately into the chamber. In 1931, some 50 static firing tests of liquid rocket engines were conducted; they were powered by nitrogen tetroxide together with toluene and gasoline. In the same year the GDL first suggested the use of hypergolic propellants and chemical ignition, and also gimbal (suspension) of the engine and pump assemblies. In 1931—1932 piston-type fuel pumps driven by gas from the engine combustion chamber were designed and tested. Tests were made in 1932 with the OPM-4 to OPM-22 experimental engines to find the best type of ignition, method of start-up and mixing systems for various propellants. In the static tests of these engines made at that time, the oxidizers used were liquid oxygen, nitrogen tetroxide, nitric acid, solutions of nitrogen tetroxide in nitric acid, and the fuels were gasoline, benzene, toluene, kerosene. In 1933 static tests of the OPM-23 to OPM-52 engines with pyrotechnical and chemical ignition were carried out using a propellant consisting of nitric acid and kerosene. Official static tests were passed by the OPM-50 and the OPM-52 with a thrust of 150 and 300 kg, respectively. In the same year a turbopump assembly with centrifugal pumps for propellant delivery to an engine with a thrust of 300 kg was developed. In 1932, the second division of the GDL began the development of experimental boosters in the form of liquid jet engines that would impart additional thrust during flight to propengine aircraft.

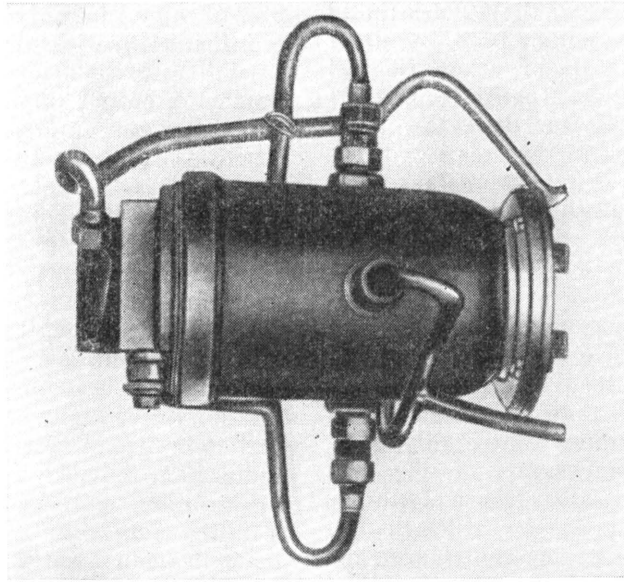
In 1932—1933 the GDL design office working on electric and liquid rocket engines was located in the Admiralty building in Leningrad, while the testing stands for these engines were in the yard and building of the

liche Arbeiten über die Raumfahrt von A. A. Sternfeld veröffentlicht. Sie erschienen in 31 Sprachen in 35 Ländern der Welt. Unter den wichtigsten Arbeiten seien hervorgehoben: "Einführung in die Raumfahrt" (1937) und "Künstliche Erdtrabanten" (1956, 1958). A. A. Sternfeld ist zweimal (1932 und 1963) mit einem internationalen Preis für Raumfahrt ausgezeichnet worden.

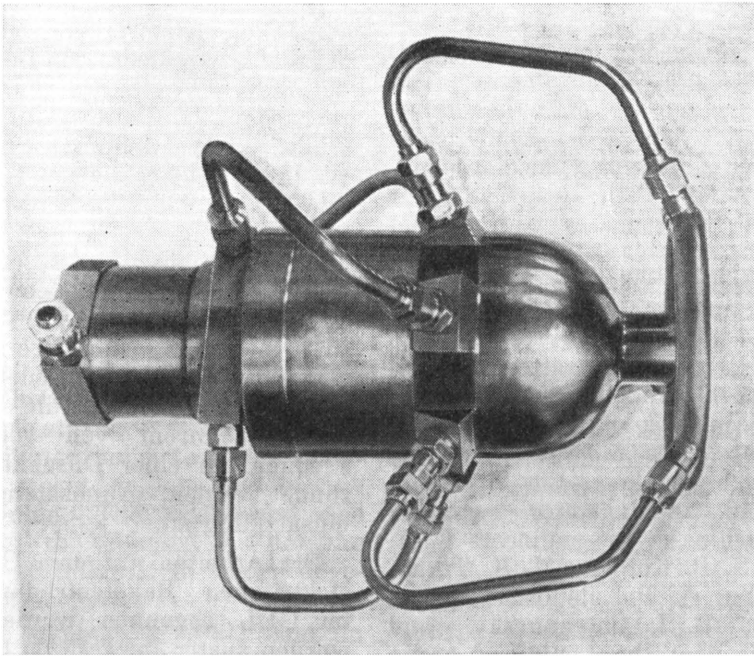
Die experimentellen Forschungen zur Entwicklung von elektrischen und von Flüssigkeits-Raketentriebwerken in der UdSSR nehmen ihren Anfang am 15. Mai 1929, als zu diesem Zweck im Rahmen des Gasdynamischen Laboratoriums (GDL) in Leningrad das erste experimentelle Konstruktionsbüro gegründet wurde.

Die Geschichte der Entstehung dieses Labors ist folgende. Anfang 1921 wurde in Moskau vom Chemie Ingenieur N. I. Tichomirow (1860—1930) das erste sowjetische staatliche Laboratorium für die Entwicklung von Raketengeschossen mit rauchlosem Pulver gegründet. Am 3. März 1928 erprobte W. A. Artemjew, begabter Artillerist und Ingenieur, auf dem Schießplatz Rshewka bei Leningrad eine Rakete mit Trotyl-Pyroxylin-Pulver. Die Erprobungen waren erfolgreich, und im Juli desselben Jahres wurde das Labor von N. I. Tichomirow erweitert und in das Gasdynamische Laboratorium umbenannt. Das GDL unterstand dem Militärischen Forschungskomitee beim Revolutionären Kriegsrat der UdSSR. Es nahm auf dem experimentell-wissenschaftlichen Artillerieschießplatz bei Leningrad die Hälfte eines Gebäudes ein. In der anderen Hälfte des Gebäudes befand sich ein vorzüglich ausgerüstetes chemisches Laboratorium, in welchem die GDL-Mitarbeiter ihre Forschungen auf dem Gebiete der Treibstoffe für Flüssigkeits-Raketen-Triebwerke durchführten. Außerdem verfügte das GDL über eine mechanische Werkstatt auf dem Artillerieschießplatz, über ein Verwaltungskontor im Zentrum von Leningrad sowie über Räumlichkeiten im Regattenhafen auf den Wassiljewski-Insel im Gebäude des wissenschaftlich-technischen Laborato-

(a)



(b)



First Soviet liquid-propellant rocket engines: OPM-50 with a thrust of 150 kg (a) and OPM-52 with a thrust of 300 kg (b) that passed official static tests at GDL in 1933

Die erste sowjetische Flüssigkeitsraketen-
triebwerke OPM-50 mit einer Schubkraft
von 150 kp (a) und OPM-52 mit Schubkraft
von 300 kp (b), die im Jahre 1933 haben
die offiziell durchgeführten Stand-Erprobun-
gen gut bestand

former Ioannov ravelin in the Peter and Paul Fortress.

After visiting the GDL where he attended static tests of the OPM-9 liquid jet engine in December 1932, Professor V. P. Vetchinkin of the Central Aerohydrodynamics Institute (TsAGI) wrote "The GDL has done the major part of the work in the creation of the rocket, i.e., the liquid-propellant reaction motor. . . . In this aspect the GDL's achievements may be considered brilliant".

At the beginning of 1933 M. N. Tukhachevsky, the armament chief of the Red Army, to whom the Gas Dynamics Laboratory was subordinated, was present at the static tests of liquid rocket engines and highly evaluated the achievements of the Gas Dynamics Laboratory. In a letter to the commander of the Military Engineering Academy of the Red Army, back in 1932, Tukhachevsky had written, "The liquid jet engines recently designed at the GDL will be of great importance in the future".

In the third division of the GDL smokeless gunpowder rockets to launch airplanes, from the light-weight Y-1 to the TB-1 heavy bombers, were successfully developed.

On the Komendantsky airfield near Leningrad these planes with rocket boosters brilliantly passed a series of tests in 1931—1932.

In the autumn of 1931, volunteer groups for the study of reactive motion (GIRD) were organized in Moscow and Leningrad within the Society for the Promotion of Air and Chemical Defence. The Moscow group included such people as the mathematician and aerodynamics specialist V. P. Vetchinkin, the engineers F. A. Tsander, S. P. Korolev, M. K. Tikhonravov, Yu. A. Pobedonostsev, I. A. Merkulov, B. I. Cheranovsky, and M. S. Kisenko; the Leningrad group included the well-known scientist N. A. Rynin and the scientist and popularizer Ya. I. Perelman, the engineers V. V. Razumov, A. N. Shtern, B. B. Chertovsky, V. I. Shorin, and many others.

Shortly afterwards the Moscow group was renamed the central group (TsGIRD). At the beginning of 1932

riums der Seefahrtbehörde (für die Produktion von Sprengkörpern aus rauchlosem Pulver für Raketengeschosse).

Mit der Entwicklung der Raketengeschosse beschäftigten sich in der ersten Abteilung des GDL Fachleute von Rang: die Ingenieure B. Petropawlowski und G. Langemak in Gemeinschaftsarbeit mit W. Artjomow, L. Schwarz u.a. Die von ihnen entwickelten Raketengeschosse verschiedenen Kalibers (mit rauchlosem Pulver) für die Landtruppen und Luftstreitkräfte haben sich auf dem Schießplatz und bei Truppenübungen bestens bewährt und wurden nach der Vervollkommung im RNII später — während des Grossen Vaterländischen Krieges — an der Front mit grösstem Effekt eingesetzt. Sie erhielten den bald so populär gewordenen Namen "Katjuscha".

In der zweiten Abteilung des GDL arbeiteten an der Entwicklung von elektrischen und von Flüssigkeitsraketenriebwerken eine Reihe begabter Ingenieure und Techniker: A. Maly, W. Serow, I. Kulagin, J. Kusmin, J. Petrow, N. Tschernyschew, P. Minajew, B. Kutkin, W. Jhukow, Panjkin u.a. In den Jahren 1929—1933 wurde in der zweiten Abteilung erstmalig theoretisch und experimentell bewiesen, daß ein elektrisches Raketenriebwerk, welches als Arbeitskörper harte oder flüssige Leiter (ununterbrochen zugeführtes Metalldraht oder Flüssigkeitsstrahlen) nutzt, die mit elektrischem Strom von vorgegebener Frequenz in einer Düsenkammer gezündet werden, grundsätzlich arbeits-einsatzfähig ist.

Die Arbeiten auf dem Gebiete der elektrischen Raketenriebwerke, die im GDL begonnen worden waren, wurden später fortgesetzt. Unter konkreten Verhältnissen eines Raumfluges nutzte die Sowjetunion erstmalig in der Weltpraxis elektrische Ionen- und Plasma-Triebwerke im Raumschiff "Woßchod-1" und in der automatischen Station "Sonde-2", welche 1964 gestartet wurden.

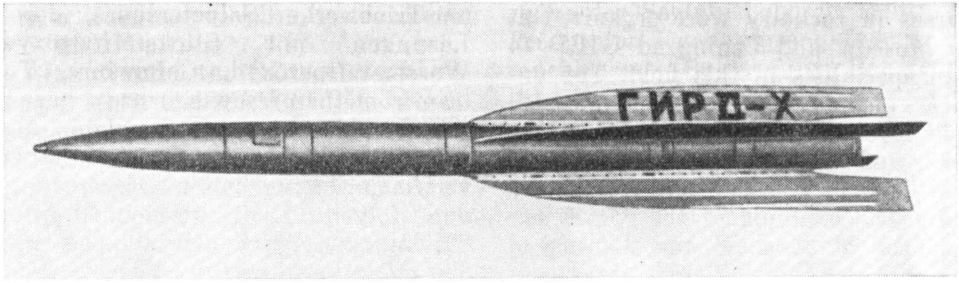
1930 wurde im GDL der Vorschlag vorgebracht für Flüssigkeits-Rake-

courses in rocketry were organized at the Moscow and Leningrad GIRD to train specialists in this field. The engineers of the Leningrad group succeeded in developing small experimental rockets, and commencing with the second half of 1934, flight tests were made. The example of the rocket enthusiasts in Moscow and Leningrad was followed by the organization of groups for the study of reactive motion in many other large cities. F. A. Tsander and N. A. Rynin did much to advance this movement.

In June 1932, the Presidium of the Central Council of the Society for the Promotion of Air and Chemical Defence decided to organize a research and production center for the development of rocket engines (GIRD) in Moscow. On the basis of the scientific legacy of Russian scientists, this organization proceeded to carry out experiments to solve problems in rocketry. Special premises were assigned for this purpose in the basement at 19 Sadovo-Spaskaya Street. GIRD comprised four design teams and an experimental plant that produced liquid rocket engines and diverse rocket models. S. P. Korolev (1906—1966), an outstanding engineer appointed head of the organization, subsequently became the author of remarkable spacecraft systems. Besides S. P. Korolev, the talented engineers F. A. Tsander, M. K. Tikhonravov, Yu. A. Pobedonostsev, A. I. Polyarny, V. S. Zuyev, E. S. Shchetinkov, G. A. Merkulov, and many others worked at GIRD and contributed much to the development of rocket engineering in the Soviet Union. The GDL and the GIRD laid the foundations for the trends to be followed in future development of rocketry.

In the summer of 1932 and in January, 1933 the GDL staff held its first meeting with GIRD leaders from Moscow. Among them were S. P. Korolev, E. S. Paraev (his assistant), the engineers F. A. Tsander, M. K. Tikhonravov, Yu. A. Pobedonostsev, and others. They were shown a liquid rocket engine in static operation. This was the beginning of the collaboration between these two organizations.

ten-Triebwerke Salpetersäure, deren Lösungen mit Stickstofftetroxyd, Wasserstoffperoxyd, Chlorsäure, Triäthylmethan sowie ihre gegenseitigen Lösungen als Oxydator und Beryllium u.a. als Brennstoff zu verwenden. Eingehende Untersuchungen folgen. 1930 wurden in den Triebwerken Exponentialdüsen und Thermoisolierüberzüge aus Zirkondioxyd und anderen Materialien entwickelt und erprobt. 1930—1931 erarbeitete man in der zweiten Abteilung des GDL erstmalig in der UdSSR Stand-Flüssigkeits-Raketen-Triebwerke: den OPM (russische Abkürzung für Versuchsraketenmotor), welcher mit einer flüssigen Mischung aus Oxydator und Brennstoff erprobt wurde, die in einer Düsenkammer verbrannte; den OPM-1 und den OPM-2 mit getrennter Zuführung des Oxydators und des Brennstoffs in flüssigem Zustand. 1931 führte man rund 50 Standerproben von Flüssigkeits-Raketenmotoren durch, die mit Stickstofftetroxyd mit TNT und Benzin arbeiteten. Im selben Jahr schlug das Labor erstmalig selbstentzündenden Brennstoff, die chemische Zündung sowie eine Kardanaufhängung des Triebwerks mit Pumpenaggregaten vor für die Zuführung des Treibstoffs. 1931—1932 wurden Plungenpumpen entwickelt und geprüft, für deren Betätigung das der Brennkammer des Triebwerks entnommene Gas genutzt wird. 1932 entwickelte man verschiedene Konstruktionen von Experimentaltriebwerken (von OPM-4 bis OPM-22) für die Ausarbeitung einer Zündungs- und Anlaßmethode sowie von Mischungssystemen für die Erprobung verschiedener Treibstoffarten. Bei Standerproben dieser Triebwerke benutzte man im Jahre 1932 als Oxydator flüssigen Sauerstoff, Stickstofftetroxyd, Salpetersäure und Lösungen des Stickstofftetroxyds in Salpetersäure und als Brennstoff Benzin, Benzol, Toluol und Petroleum. 1933 wurden die Triebwerke vom OPM-23 bis zum OPM-52 mit pyrotechnischer und chemischer Zündung und Salpetersäure-Petroleumtreibstoff am Stand erprobt. Die Versuchstriebwerke OPM-50 mit einer Schubkraft von



First Soviet rocket with liquid-propellant rocket engine, GIRD-X, launched November 25, 1933

Die erste sowjetische Rakete mit Flüssigkeitsraketenantriebwerk GIRD-X. Gestartet am 25. November 1933

For over thirty years, the engines designed by talented engineers trained at the Leningrad Gas Dynamics Laboratory have been mounted in all the winged rockets designed by S. P. Korolev, aircraft power units, long-range continental and intercontinental rockets, powerful meteorological and geophysical rockets, and also on all spacecraft.

On August 17, 1933, at Nakhbino near Moscow, GIRD launched the first Soviet liquid rocket, the "09", designed under the guidance of M. K. Tikhonravov. The rocket was powered by liquid oxygen and solidified (jelly-like) gasoline and produced a thrust of 50 kg in 15 to 18 sec. On that day the "09" rocket reached a height of 400 meters. Somewhat later a modification of this rocket reached a height of 1500 meters.

Two liquid rocket engines designed by F. A. Tsander were developed at GIRD, the OP-2, for the PII-1 tailless rocket plane designed by B. I. Chernovsky and the OP-10, for the GIRD-X rocket.

The first liquid rocket engine designed by F. A. Tsander (OP-2) was tested at GIRD with an oxygen-gasoline propellant in March, 1933 shortly after the author's death earlier that month. Subsequent work on Tsander's engines, carried out by his pupils, failed to yield the desired results to justify their development.

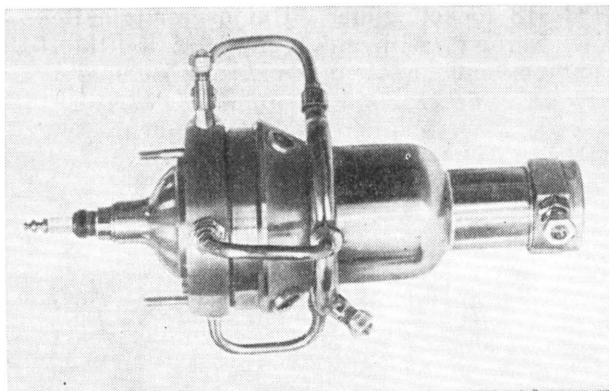
The GIRD-X rocket, designed under the guidance of F. A. Tsander, was launched November 25, 1933.

150 kp und OPM-52 mit einer Schubkraft von 300 kp haben sich bei den 1933 offiziell durchgeführten Stand-Erprobungen gut bewährt. Im gleichen Jahr erarbeitete man die Konstruktion eines Turbinenpumpenaggregats mit Zentrifugalpumpen für die Zuführung des Treibstoffs in das Triebwerk mit einer Schubkraft von 300 kp. 1932 unternahm die zweite Abteilung des GDL die Entwicklung von Versuchsstartraketen mit flüssigem Brennstoff zur Sicherung zusätzlichen Schubs für die Kolbenmotoren.

Das Konstruktionsbüro des GDL für elektrische und Flüssigkeitsraketen-Triebwerke war im Zeitraum 1932—1933 im Gebäude der Hauptadmiralität in Leningrad, die Versuchsstände der Triebwerke im Hof und dem Gebäude des ehemaligen Johnn-Ravelins in der Peterspauls-Festung untergebracht.

In der Umgebung Leningrads (auf dem Artillerieschießplatz Rshewka), nachfolgend in Leningrad selber, an den Ufern des Newa-Flusses, überragt von Spitzen der Admiralität und der Peterpauls-Kathedrale, entstanden die ersten sowjetischen elektrisch betätigten und Flüssigkeitsraketen-Triebwerke.

Prof. W. Wetschinkin aus dem Zentralen Aerohydrodynamischen Institut (ZAGI) besuchte das GDL im Dezember 1932 und wohnte einer Stand-Erprobung des Flüssigkeits-Raketen-Triebwerks OPM-9 bei. In seinem Bericht schrieb er, daß "im



OPM-65 engine for PII-318 rocket plane and the 212 winged rocket that passed official static tests in 1936

Triebwerk OPM-65 für Raketengleiter PII-318 und geflügelte Rakete 212 das im Jahre 1936 die offizielle Standprüfungen bestand hat

This rocket was powered by liquid oxygen and alcohol; the engine attained a thrust of 70 kg in 22 sec.

The workers of GIRD designed the 07 and 05 unguided rockets. Under the guidance of Yu. A. Pobedonostsev they developed diagrams for a ramjet engine and designed a wind tunnel with a supersonic flow 3.2 times the velocity of sound.

The results of flight tests of the first Soviet rockets developed by GIRD (existing for a year and a half) helped to determine the main trends of further research of the Moscow rocket designers.

At the close of 1933, the staff of the GDL and the GIRD were merged into the Rocket Research Institute (RNII). It was here that a creative group of Soviet rocket engineers grew up who designed a series of experimental ballistic and winged rockets and their engines.

Thus, between 1934 and 1938, in-flight tests were carried out with models of a number of rockets such as the 06, 11, 13, ПДБ-01, 48, 216, 217, and others. In 1939 in-flight tests of a 212 winged rocket, designed by S. P. Korolev, with an OPM-65 engine were made. In addition the RNII did extensive research in winged rockets and also other work for the development of Soviet rocketry. In 1937—1938 ground tests were per-

GDL die, Hauptarbeit für die Schaffung einer Rakete geleistet ist: die Entwicklung eines Flüssigkeits-Rückstoß-Motors. In dieser Hinsicht sind die Errungenschaften des GDL als glänzend zu bezeichnen". Zu Beginn des Jahres 1933 wohnte M. Tuchatschewski, Leiter des Bewaffnungsdienstes der Roten Armee, dem das Gasdynamische Laboratorium unterstand, der Standerprobung eines Flüssigkeits-Raketen-Triebwerkes bei und schätzte die erzielten Ergebnisse des GDL hoch ein. In seinem Brief an den Leiter der militärtechnischen Akademie der Roten Armee schrieb M. Tuchatschewski im Jahre 1932: "Besonders bedeutende Perspektiven erschliessen die im GDL durchgeführten Versuche mit einem Flüssigkeits-Raketen-Triebwerk, welches in der letzten Zeit im Laboratorium entwickelt werden konnte".

In der dritten Abteilung des GDL wurden seit 1927 Startraketen mit rauchlosem Pulver für Flugzeuge verschiedener Typen — von den leichten Maschinen V-1 bis zu den schweren Bombern vom Typ ТБ-1 — erfolgreich entwickelt. Diese Maschinen mit Startraketen haben in den Jahren 1931—1932 auf dem Kommandantenflugplatz bei Leningrad den vollen Prüfungszyklus bestanden und sich dabei glänzend bewährt.

Im Herbst 1931 wurden bei der

formed on the PPI-318 rocket glider (designed by S. P. Korolev) with an OPM-65 liquid engine, and in 1940 V. P. Fedorov flew this rocket glider with an PDA-1-150 engine, a modification of the OPM-65. In 1942 G. Ya. Bakhchivandzhy took off and flew the BM-1, the first Soviet rocket airplane, designed under the guidance of V. F. Bolkhovitinov; it had a D-1-A-1100 liquid rocket engine with a thrust of 1100 kg, designed at the RNII.

A comprehensive and diversified research programme was carried out at the RNII. Completed here was the development of rocket missiles of two different calibres, the PC-82 and PC-132, intended for military aircraft. The effect of PC-82 rocket missiles was experienced by the Japanese aggressors in the vicinity of the Khal-khyn-Gol River on May 28, 1939. It is no mere chance that the legendary low-flying attack aircraft designed by S. V. Ilyushin, and armed with PC-82 and PC-132 rocket missiles were called "Black Death" by the Hitlerites.

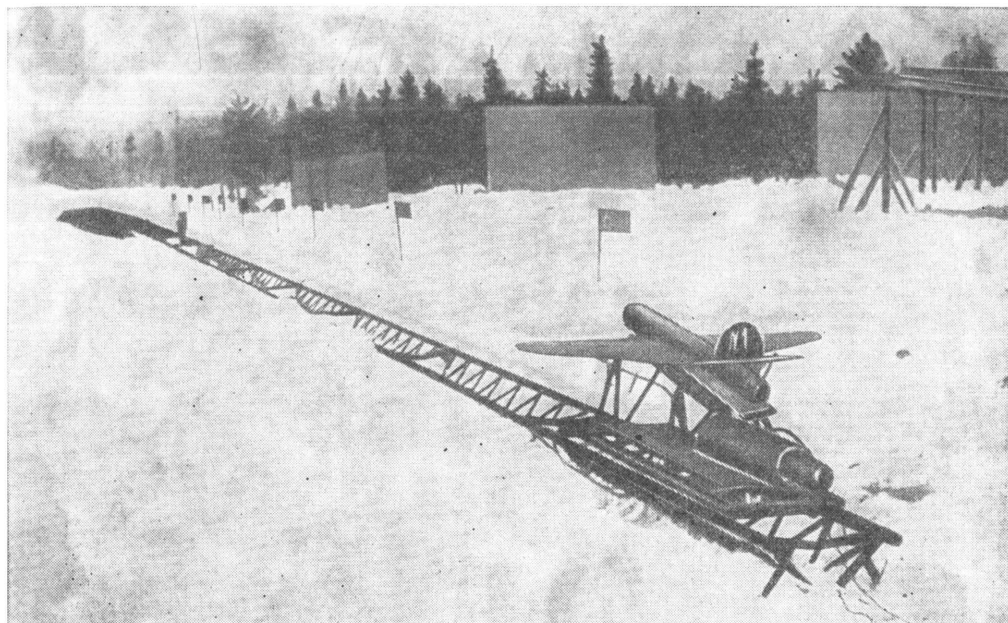
The work begun by N. I. Tikhomirov in the development of rocket missiles was successfully continued by his collaborators at the GDL: V. A. Artemov, B. S. Petropavlovsky, G. E. Langemak, and others and was completed at the RNII where a number of other scientists and engineers joined in this effort. The result of 20 years of work done by a great number of specialists was the BM-13 combat vehicle developed at the RNII by the beginning of World War II.

This creation of Soviet scientists, which affectionately became known as the "Katyusha", began the rout of the fascists in 1941. The "Katyusha" fired its first volley at the Orsha railway junction on July 14, 1941, at 15 h 30 min. This formidable weapon was instrumental in the annihilation of a great amount of enemy manpower and equipment during World War II.

The advanced type of rocket artillery designed by the RNII was put into serial production and used against the enemy on the outskirts of Moscow, on the banks of the Volga, and in the Battle of Berlin. This

Unionsgesellschaft für die Förderung der Luftfahrt eine Moskauer und eine Leningrader Gruppe für das Studium der Rückstoßbewegung gebildet, welche einer Freiwilligengemeinschaft von Enthusiasten des Raketenfachs wurde (die russische Abkürzung einer solchen Gruppe hieß GIRD). In der Moskauer GIRD waren tätig: der bekannte Aerodynamiker und Mathematiker W. Wetschinkin, die Ingenieure F. Zander, S. Koroljow, M. Tichonrawow, J. Pobedonoszew, I. Merkulow, M. Kissenko und andere, der Leningrader Gruppe gehörten an: der bekannte Wissenschaftler N. Rynin, der Popularisator und Wissenschaftler J. Perelmann, die Ingenieure W. Rasumow, A. Stern, J. Tschertowski, W. Morin u.a. Bald wurde die Moskauer GIRD als Spitzenvereinigung anerkannt und hieß seitdem ZGIRD. Anfang 1932 richtete man bei den GIRDs von Moskau und Leningrad Lehrgänge über Raketentechnik ein für die Ausbildung von Fachkräften. Die Ingenieure der Leningrader GIRD entwickelten kleiner Experimentalraketen, welche seit der zweiten Hälfte des Jahres 1934 im Flug erprobt wurden. Dem Beispiel der Moskauer und Leningrader folgend, wurden in vielen Städten unseres Landes eigene GIRDs gebildet. Die Schriften und Vorträge von F. Zander und N. Rynin spielten bei der Entfaltung dieser Bewegung eine bedeutende Rolle.

Im Juni 1932 faßte das Präsidium des Zentralrates der Unionsgesellschaft für die Förderung der Luftfahrt den Beschluß über die Gründung einer Forschungs- und Produktionsstelle zur Entwicklung von Raketen und Raketentriebwerken in Moskau. Dieses Kollektiv, welches die Bezeichnung GIRD beibehielt, ist, gestützt auf das wissenschaftliche Erbe der Wissenschaftler unseres Landes, unverzüglich zur Lösung der Aufgaben des experimentellen Raketenbaus geschritten. Die GIRD, im Souterrain des Hauses Nr. 19 in der Sadowo-Spasskaja-Straße untergebracht, vereinigte vier Konstruktionsbrigaden, eine experimentelle Werkstatt für die Herstellung von Flüssigkeitsraketen und anderen Raketen-



212 winged rocket powered by OPM-65 engine on gunpowder catapult (1937—1939)

Gefflügelte Rakete 212 mit dem Triebwerk OPM-65 auf der pulvergetriebenen Startschleuder (1937—1939)

was the contribution made by Soviet scientists and rocket engineers towards the defeat of Hitlerite Germany.

One of the important trends in research at the RNII was the development of control systems designed, produced, and installed in rockets here and tested in flight. Among these control systems are the ПИЧ-2 on the 216 rocket, the ПАТ-1 on the 201 rocket, the ПИЧ-3 and ПА-2 on the 212 and 609 rockets. These systems were gyroscopic autopilots. They facilitated the development of automatic catapulting of rockets and made possible steady flight on the initial part of the ascent path.

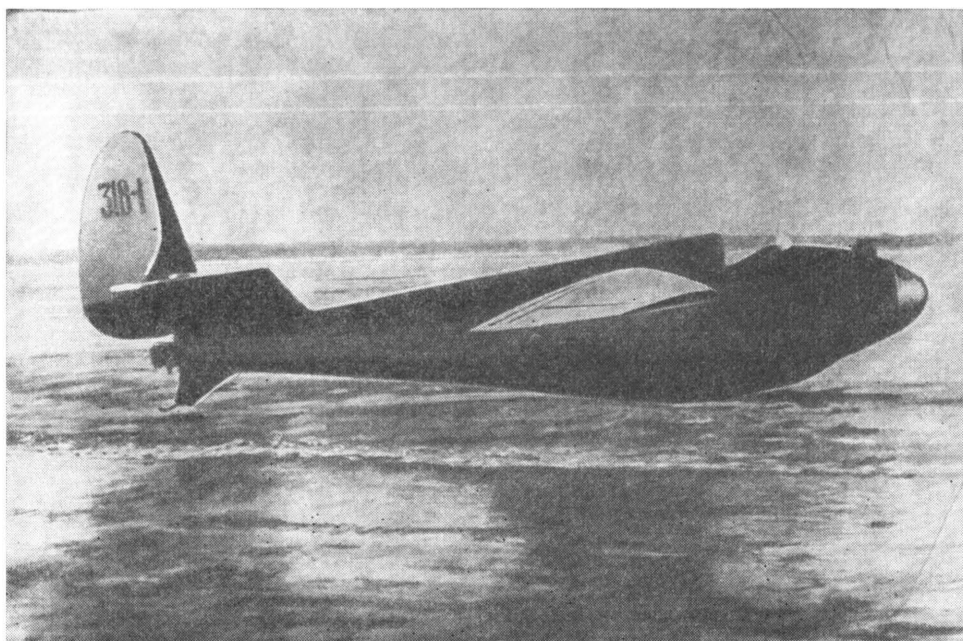
Reverting somewhat to the past, mention should be made of the first All-Union conference on the study of the stratosphere which took place in Leningrad in 1934. It was organized by the Academy of Sciences of the USSR and presided over by Academician S. I. Vavilov. In 1935 the Aviation Research Society (Avianito) convened a conference in Moscow to discuss rocket engineering. Reports were made here by researchers of the RNII and other organizations.

triebwerke. Zum Leiter der GIRD wurde Ing. S. Koroljow (1906—1966) ernannt, der in der Folge als hervorragender Konstrukteur kosmischer Raketensysteme bekannt wurde. In der GIRD arbeiteten begabte Ingenieure: F. Zander, M. Tichonrawow, J. Pobedonoszew, A. Poljarny, W. Sujew, J. Zetinkow, I. Merkulow u.a., die einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung der sowjetischen Raketentechnik leisteten.

Im GDL und in der GIRD wurden die Grundlagen für die Entwicklung weiterer Richtungen der sowjetischen Raketentechnik geschaffen.

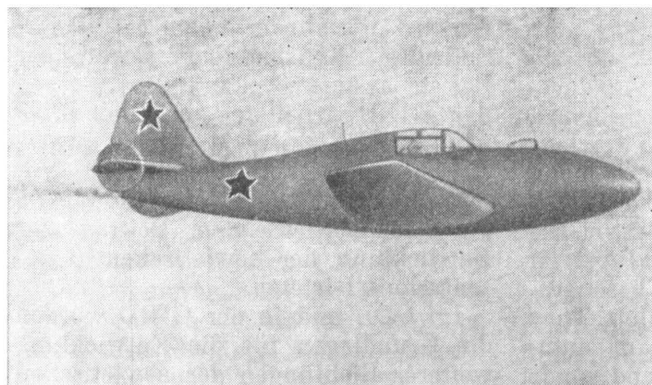
Im Sommer 1932 und im Januar 1933 fanden im GDL die ersten Begegnungen der Mitarbeiter des Laboratoriums mit prominenten Mitarbeitern der GIRD statt: ihrem Leiter S. Koroljow, seinem Stellvertreter W. Parajew, den Ingenieuren F. Zander, M. Tichomirow, J. Pobedonoszew u.a., die aus Moskau angereist waren.

Ein Stand-Flüssigkeits-Raketen-Triebwerk wurde in Aktion vorgeführt. Dieses Treffen der GDL-Mitarbeiter mit den Moskauer Raketenspezialis-



PII-318-1 rocket plane powered by OPM-65 engine (1937—1938)

Raketengleiter PII-318-1 mit dem Triebwerk OPM-65 (1937—1938)



BI-1 rocket aircraft powered by Д-1-A-1100 engine (1942)

Raketenflugzeug BI-1 mit dem Triebwerk Д-1-A-1100 im Flug (1942)

The group of specialists in liquid rocket engines trained at the GDL developed a series of experimental engines in 1934—1938 in the RNII. These included engines from the OPM-53 to the OPM-102 in which nitric acid and tetranitromethane were used as oxidizers, and the first Soviet gas generator ГТ-1 that could work for hours on nitric acid, kerosene and water.

ten war der Beginn gemeinsamer Arbeit. Im Laufe eines Vierteljahrhunderts wurden in allen von S. Koroljow entwickelten Flügel-, Flugzeug-, Fern- und Interkontinentalraketen, in den mächtigen meteorologischen und geophysikalischen sowie in allen kosmischen Raketen Triebwerke installiert, entwickelt von der Schule der talentvollen Triebwerkbauer, die aus dem Leningrader Gasdynamischen

The OPM-65 engine that passed official tests in 1936 was the best at that time (propellant, nitric acid and kerosene; controllable thrust, 50 to 175 kg; specific impulse, 210 sec; manual or automatic start-up). The OPM-65 engine withstood repeated start-up: engine No. 1, operated for 30.7 minutes during 50 start-ups on the ground, including 20 start-ups in static tests, 8 start-ups on a 212 winged rocket and 21 start-ups on a PII-318 rocket glider; engine No. 2 was started up 16 times, including 5 times on a 212 winged rocket and 9 times on a PII-318 rocket glider.

The leader of the work on liquid rocket engines at the GDL, who later continued this work at the RNII, in 1939 became the head of an independent organization that in 1941 grew into the Experimental Design Office (OKB) for liquid rocket engines. For the purpose of improving maneuverability of aircraft the Experimental Design Office in the '40s developed a series of auxiliary aviation liquid rocket engines with pump feed of nitric acid and kerosene, chemical ignition, and unlimited number of repeated completely automatic start-ups, with a controlled thrust and maximum thrust of 300 to 900 kg on the ground. These engines passed development and official static tests and in 1943—1946, ground and in-flight tests (about 400 start-ups) on the Пе-2 aircraft designed by V. M. Petlyakov, the Ла-7P and 120P designed by S. A. Lavochkin, the Як-3 designed by A.S. Yakovlev and the Cy-6, Cy-7 designed by P. O. Sukhoi.

Laboratorium hervorgegangen sind.

Am 17. August 1933 wurde auf dem Prüffeld Nachabino bei Moskau von den Mitarbeitern der GIRD die unter der Leitung von M. Tichomirow entwickelte Rakete "09", die erste sowjetische Flüssigkeitsrakete erprobt, welche mit flüssigem Sauerstoff und gelatineartigem Benzin arbeitete. Das Triebwerk entwickelte eine Schubkraft bis 50 kp im Laufe von 15 bis 18 sec. Am selben Tag stieg die Rakete "09" in eine Höhe von 400 m (etwas später erreichte ein anderes Muster einer solchen Rakete eine Höhe von 1 500 m).

In der GIRD wurden entwickelt: zwei Flüssigkeitsraketen-Triebwerke (konstruiert von F. Zander), das Triebwerk OP-2 für das leitwerklose Raketenflugzeug PII-1 (konstruiert von B. Tscheranowski) sowie das Triebwerk "10", für die Rakete "GIRD-X".

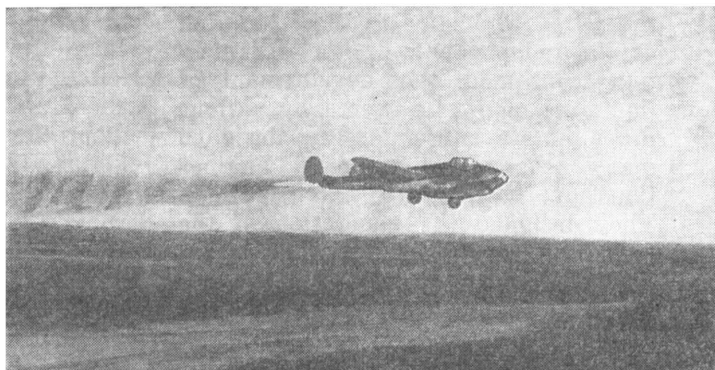
Das erste Flüssigkeits-Raketen-Triebwerk von F. Zander (OP-2) wurde März 1933 in der GIRD mit Sauerstoff-Benzin-Treibstoff erprobt, nunmehr ohne Anwesenheit des Erfinders, der im selben Monat verschieden war.

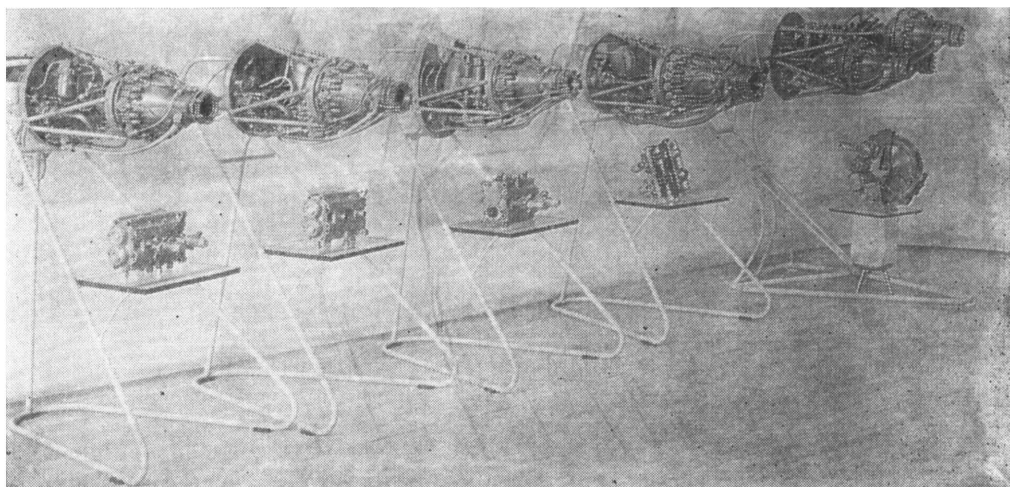
Die weiteren Experimente mit den Zander-Triebwerken wurde von Schülern Zanders angestellt, erreichten jedoch nicht ein Niveau, welches ihre Entwicklung sichern würde.

Die Rakete "GIRD-X", konstruiert unter der Leitung von F. Zander, wurde am 25. November 1933 gestartet. Sie arbeitete mit flüssigem Sauerstoff und Spirit; die Schubkraft des Triebwerkes erreichte 70 kp im Laufe von 22 sec.

Take-off of Пе-2 airplane with ПД-1 engine in operation (1943)

Der Start des Flugzeuges Пе-2 mit arbeitendem Triebwerk ПД-1 (1943)





Series of aircraft rocket engines with pumped propellant consisting of nitric acid and kerosene: PD-1, PD-1X3 (two modifications), PD-2 and PD-3 (1940—1946)

Die Familie von Flugzeugraketenriebwerke mit Pumpenzuführung von Salpetersäure und Petroleum: PD-1, PD-1X3 (zwei Varianten), PD-2 und PD-3 (1940—1946)

The chief designer's assistants at that time were S. P. Korolev (for in-flight tests during 1942—1945), G. S. Zhiritsky, D. D. Sevrak, V. A. Vitka, N. N. Artamonov, G. F. Firsov, and others.

The GDL, the GIRD and the RNII made invaluable contributions to the development of Soviet rocketry.

The GDL was the first organization in the USSR devoted to rocket engineering: in 1929—1933 it designed and tested the first experimental electric rocket engine in the world and the first Soviet liquid rocket engines, the OPM, OPM-1 to OPM-52 (powered by liquid oxygen, nitrogen tetroxide, nitric acid and toluene, gasoline, kerosene). The staff trained at the GDL, who later at the RNII and at an independent design organization continued the development of liquid jet engines powered by various propellants, subsequently designed many other more powerful engines that have been put to extensive use. They designed the generation of the first OPM, the powerful engines for Soviet launch vehicles of all types which paved the way to the conquest of outer space.

Die GIRD-Mitarbeiter entwickelten auch die ungelenkten Raketen "07" und "05"; unter der Leitung von J. Pobedonoszew wurden luftreaktive Triebwerke sowie ein Windkanal mit der 3,2 fachen Schallgeschwindigkeit des Stromes konstruiert.

Die GIRD bestand als Projektierungsorganisation einhalb Jahre. Die bei den Probeflügen der ersten sowjetischen Raketen erzielten Ergebnisse verhalfen dazu, die Hauptrichtung für die weiteren Forschungen der Moskauer Raketen spezialisten zu präzisieren.

Ende 1933 wurden die GIRD und das GDL zum Forschungsinstitut für Rückstoßbewegung (russ. Abkürzung: RNII) vereinigt. Im RNII entstand ein schöpferisches Kollektiv sowjetischer Raketen spezialisten, die eine Reihe von experimentellen ballistischen und geflügelten Raketen mit entsprechenden Triebwerken entwickelten.

In der Zeitspanne 1934—1938 erprobte man im Flug Modelle mehrerer Rakentypen, darunter 06, 11, 13, PDB-01, 48, 216, 217 u.a. 1939 führte man die Flugerprobung der Rakete 212 (konstruiert von s. Koroljow) mit

In 1933 the staff of the GIRD launched the first Soviet "09" liquid rocket powered by liquid oxygen and solidified gasoline, and the GIRD-X powered by liquid oxygen and alcohol. Shortly after these initial flights, the Soviet Union launched the first rockets that travelled many millions of kilometers into deep space.

The first rocket designing organizations, the GDL and the GIRD, laid the foundations of Soviet rocket engineering. The GDL and GIRD trained the principal cadres that produced the creative teams which furthered the development of Soviet rocketry. On May 15, 1964, the Experimental Design Office celebrated its 35th anniversary. In recognition of its great achievements since its establishment within the GDL to our times, in developing rocket engines from the OPM with a thrust of a few kilograms to rocket engines that are capable of attaining tens of millions of horse power, the design office has been decorated twice. This office designed the powerful rocket engines of all the launch vehicles that injected into orbit the Soviet artificial satellites of the Earth, the Moon, and the Sun; sent automatic stations to the Moon, to Venus, and to Mars; and put into space the manned Vostok, Voskhod, and Soyuz spaceships. The GIRD played a great part in training the people who made possible the triumph of the Soviet Union in development of rockets and spaceships. Substantial contributions were made by research and experimental design organizations devoted to the development of complicated airborne and ground systems. It was the combined endeavor of all these bodies, the personnels of many research institutes and industrial enterprises throughout the country, that made it possible to inject a Soviet citizen into space.

The pacing factor in this success was the high industrial level of the Soviet Union, the achievements of Soviet science, and the selfless labour of Soviet people under the leadership of the Communist Party of the USSR and its Leninist Central Committee.



dem Triebwerk OPM-65 durch. Die im RNII auf breiter Basis geführten Forschungen zur Erarbeitung geflügelter Raketen sowie verschiedene andere Arbeiten erwiesen sich von grosser Bedeutung für die Entwicklung der sowjetischen Raketentechnik. In den Jahren 1937—1938 kam es zu Bodenerprobungen des Raketengleiters PII-318 (konstruiert von S. Koroljow) mit dem Flüssigkeitsraketentriebwerk OPM-65; 1940 absolvierte der Flieger W. Fjodorow einen Flug mit diesem Raketengleiter, welcher mit dem Triebwerk PJA-1-150 bestückt war und eine Modifizierung des OPM-65 darstellte. 1942 stieg der Flieger G. Bachtschiwandshi mit dem ersten sowjetischen Düsenflugzeug BI-1 auf, welches unter der Leitung von W. Bolchowitinow entwickelt worden war und ein Flüssigkeitsraketentriebwerk vom Typ Д-1-A-1100 hatte. Dieses Triebwerk entwickelte eine Schubkraft von 1100 kp und war im RNII konstruiert.

Das RNII verwirklichte ein umfassendes und mannigfaltiges Programm der Forschungen. Hier waren die Raketengeschosse PC-82 und PC-132 entwickelt worden, welche verschiedene Kaliber hatten und für Kampfflugzeuge bestimmt waren. Am 28. Mai 1939 hatten sich diese Raketengeschosse (PC-82) im Kampfe gegen die japanischen Invasionstruppen unweit vom Fluß Chalchin-Gol gut bewährt. Was die legendären Kampfflugzeuge von S. Iljuschin betrifft, die mit PC-82 und PC-132 bestückt waren, so hatten die Hitlerfaschisten diese nicht von ungefähr "Schwarzer Tod" genannt.

Die Arbeiten auf dem Gebiete der Entwicklung von Raketengeschossen, die von N. Tichomirow begonnen waren, wurden von den GDL-Mitarbeitern W. Artemjew, B. Petropawlowski, G. Langemak u.a. fortgesetzt und erlebten im RNII ihre Vollendung, wo an der Forschung und Entwicklung von Raketen und Raketenanlagen eine ganze Reihe von Wissenschaftlern und Ingenieuren teilnahmen. Im Ergebnis der zwanzigjährigen Bemühungen zahlreicher Spezialisten wurde zu Beginn des Großen

Vaterländischen Krieges der Raketenwerfer BM13 im RNII entwickelt.

Diese Schöpfung unserer Wissenschaftler, im Volksmund zärtlich "Katjuscha" genannt, bereitete seit 1941 im Kampfe gegen die Faschisten dem Gegner vernichtende Niederlagen. Die erste "Katjuscha"-Salve war am 14. Juli 1941 um 15 Uhr 30 Minuten gegen den Eisenbahnknotenpunkt Orscha abgefeuert gewesen. Die furchterregende Waffe vernichtete im Laufe des Großen Vaterländischen Krieges große Mengen an Menschen und Material des Feindes.

Die im RNII entwickelten Raketenwerfer wurden, immer weiter vervollkommen, in unseren Fabriken serienmäßig hergestellt und versetzten dem Gegner vernichtende Schläge bei Moskau, an der Wolga und während der Kämpfe um Berlin. Die sowjetischen Raketenspezialisten haben zweifelsohne einen Beitrag geleistet zur Niederlage Hitlerdeutschlands.

Zu bedeutenden Richtungen der Forschungen von RNII gehörte auch die Entwicklung von Steuersystemen, die hier auch hergestellt und im Fluge erprobt wurden. Zu solchen Steuersystemen gehört das Gerät ГПС-2 für die Rakete 216, das Gerät ГАТ-1 für die Rakete 201, die Geräte ГПС-3 und ПА-2 für die Rakete 212 bzw. 609. Diese Anlagen waren Gyroskopstabilisatoren. Ihnen ist die Erarbeitung automatischen Aufstiegs vom Abschubfahrgestell und des stabilen Flugs auf der Anfangsetappe der Flugbahn zu verdanken.

Man mußte auch erwähnen, daß bereits 1934 in Leningrad eine erste Unionskonferenz für das Studium der Stratosphäre stattgefunden hatte, einberufen von der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Den Vorsitz hatte Akademiemitglied S. Wawilow. 1935 rief die wissenschaftlich-technische Gesellschaft für Luftfahrt "Aviavnito" eine Konferenz für Raketentechnik in Moskau ein. Viele Mitarbeiter des RNII und anderer massgebender Stellen hielten auf dieser Konferenz Vorträge.

Das GDL-Spezialistenteam für Flüssigkeitsraketenriebwerke entwickelte im RNII (1934—1938) eine Serie von Versuchsmotoren (vom

OPM-53 bis zum OPM-102), welche mit Salpetersäure und Tetranitromethan als Oxydator arbeiteten, sowie den ersten sowjetischen Gasgenerator ГГ-1 für Salpetersäure und Petroleum-Wasser-Lösung.

Der Motor OPM-65, welcher offizielle Erprobungen bereits 1936 bestanden hatte, war für die damalige Zeit der beste in seiner Art (Salpetersäure-Petroleum-Treibstoff regelbarer Schub von 50—175 kp, spezifischer Schub von 210 sec, automatischer und Handantrieb). Der Motor OPM-65 hielt wiederholtem Anlassen stand: das Exemplar Nr. 1 arbeitete bei 50 maligem Anlassen auf dem Boden 30,7 Minuten lang, darunter 20 maliges Anlassen am Stand 8 maliges Anlassen an einer geflügelten Rakete vom Typ 212 und 21 maliges Anlassen im Raketengleiter ПГ-318; das Exemplar Nr. 2 hielt 16 maligem Anlassen stand (darunter 5 faches Anlassen in einer geflügelten Rakete vom Typ 212, und 9 faches Anlassen im Raketengleiter ПГ-318).

1939 wurde der Leiter der Forschungen auf dem Gebiete der Flüssigkeit-Raketen-Triebwerke im GDL, nachdem er eine Zeitlang im RNII gearbeitet hatte, an die Spitze einer selbstständigen Organisation gestellt, welche später in ein Experimental-Konstruktionsbüro für die Entwicklung von Flüssigkeitsraketenriebwerke (seit 1941) umgebildet wurde. In den 40er Jahren entwickelte dieses Konstruktionsbüro eine ganze Reihe von Flugzeug-Hilfsraketen mit Pumpenzuführung von Salpetersäure und Petroleum, chemischer Zündung, praktisch uneingeschränktem automatisiertem Anlassen, veränderlichem Schub und einer Maximalschubleistung am Boden von 300 bis 900 kp. Diese Triebwerke bestanden in den Jahren 1943—1946 neben Betriebs- und offiziellen Standerprobungen auch Flugerprobungen (rund 400 Starts) mit Flugzeugen der Konstruktion von W. Petljakow Пе-2, S. Lawotschkin Ла-7Р und 120Р, A. Jakowlew Як-3 und P. Suchoi Cy-6 und Cy-7.

Als stellvertretende Chefkonstrukteure waren damals im Konstruktionsbüro tätig: S. Koroljow (für die

Flugerprobungen in den Jahren 1942—1945), G. Shirizki, D. Sewruk, W. Witka, N. Artamonow, G. Firssow u.a.m.

Die Arbeiten des CDL, der GIRD und des RNII waren ein wertvoller Beitrag zur Geschichte der sowjetischen Raketen-Wissenschaft und Technik.

Im GDL—der ersten sowjetischen Anstalt für die Entwicklung von Raketentriebwerken—waren in den Jahren 1929—1933 die weltersten experimentellen elektrischen Raketentriebwerke und die ersten sowjetischen Flüssigkeitsraketentriebwerke OPM, OPM-1 bis OPM-52 entwickelt und erfolgreich erprobt worden, welche mit flüssigem Sauerstoff, Stickstofftetroxyd, Salpetersäure und Toluol, Benzin und Petroleum gearbeitet haben. Das im GDL entstandene Wissenschaftlerteam setzte im RNII und später in einer selbstständigen Organisation die Entwicklung von Flüssigkeitsraketentriebwerken mit verschiedenen Treibstoffarten fort und konstruierte zahlreiche andere, mächtigere, Triebwerke, welche eine weitgehende Verbreitung erfahren konnten. Es waren dies unmittelbare Nachkommen der ersten OPM, nun entwickelt zu mächtigen Triebwerken für Trägerraketen aller Typen, die den Weg in den Kosmos bahnten.

In der GIRD waren 1933 die ersten sowjetischen Flüssigkeitsraketen vom Typ 09 mit flüssigem Sauerstoff und gelatineartigem Benzin sowie vom Typ GIRD-X mit flüssigem Sauerstoff und Spirt gestartet. Eine kurze Zeitspanne verstrich, und sowjetische Rakete drangen als erste über Millionen Kilometer hinweg in die Weiten des Alls hinein!

Die ersten sowjetischen Raketenorganisationen — GDL und GIRD — hatten das Fundament für den sowjetischen Raketenbau gelegt. Aus dem GDL und der GIRD waren Spezialisten hervorgegangen, die die Entwick-

lung des sowjetischen Raketenbaus gesichert haben. Am 15. Mai 1964 feierte das mit zwei Orden ausgezeichnete Experimental-Konstruktionsbüro sein 35 jähriges Bestehen: den vom GDL (seit 1929) bis in unsere Tage zurückgelegten Weg, die Entwicklung vom ersten OPM mit einer Schubleistung von wenigen Kilogramm bis zu den mächtigen Raketentriebwerken, welche im Kosmosflug Leistungen von vielen Millionen PS entwickeln. Dieses Konstruktionsbüro hat die mächtigen Raketentriebwerke für alle Trägerraketen geschaffen welche die sowjetischen künstlichen Trabanten der Erde, des Mondes und der Sonne, die automatischen Stationen nach dem Mond, der Venus und dem Mars sowie die gesteuerten Raumschiffe "Wostok", und "Sojus" auf ihre Flugbahn gebracht haben. Eine gewaltige Rolle spielte auch die GIRD, welche ein Kollektiv von Menschen erzogen hatte, die einen unüberschätzbaren Beitrag zu den triumphalen Errungenschaften der Sowjetunion auf dem Gebiete der Schaffung von kosmischen Raketen und Raumschiffen geleistet haben. Zur Entstehung und Entwicklung der kosmischen Raketensystemen trugen auch die Forschungs- und Konstruktionsstellen bei, die sich mit der Ausarbeitung von komplizierten Bord- und Bodensysteme zur Flugsteuerung beschäftigten. Eine Synthese der Arbeit dieser Kollektive sowie vieler anderen Forschungsanstalten und Industriebetriebe ermöglichte den Durchbruch des sowjetischen Menschen in den Kosmos. Von entscheidender Bedeutung waren dabei der hohe Stand der industriellen Entwicklung der Sowjetunion, die Errungenschaften der sowjetischen Wissenschaft und die selbstlose Arbeit des ganzen Sowjetvolkes unter der Leitung der Kommunistischen Partei und ihres Leninschen Zentralkomitees.



References

Bibliographie

1. Н. Соковнин, Воздушный корабль, СПб, 1866, стр. 35.
2. Н. И. Кибальчич, СПб, 1906, стр. 5.
3. Научный архив музея Н. Е. Жуковского, № 2990/1, стр. 145, 1964.
4. Украинский исторический журнал, № 5, 1967, Киев, АН УССР, стр. 94—102.

PRINTED IN USSR

Заказ № 802

